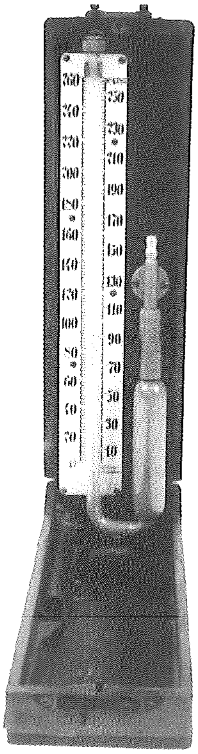
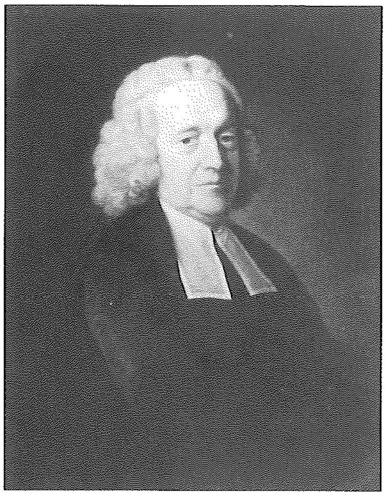
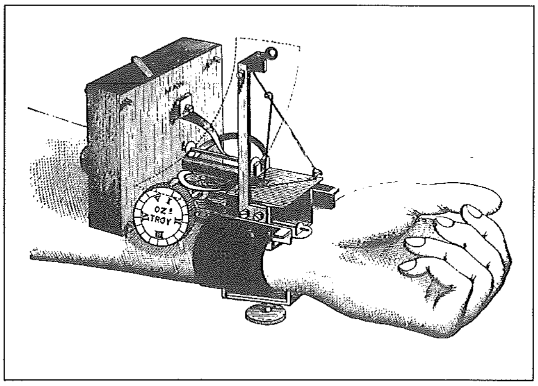
BLOOD PRESSURE MEASUREMENT

An Illustrated History







Parthenon
Publishing

N. H. Naqvi and M. D. Blaufox

Blood Pressure Measurement

An Illustrated History

(血圧測定及び血圧計のイラスト入り歴史)

N.H.Naqvi, FRCA
Royal Bolton Hospital
Bolton,
Lancashire, UK

M. D. Blaufox, MD
PhD, FACNM, FACP, FRSM
Albert Einstein College of Medicine and
Montefiore Medical Center, New York, USA

With an illustrated appendix by
M. D. Blaufox

The Parthenon Publishing Group

International Publishers in Medicine, Science & Technology

NEW YORK LONDON

訳と追加項目について

この本を手に入れた時、この筆者達は古代から 20 世紀の初期まで、膨大な資料を集め纏めて纏めてある。確かに、筆者が序文に述べているように、血圧測定および血圧計の歴史について断片的に書かれている引用や記事はあるが、一貫して歴史について積極的に調査して纏められている内容はこの本以外にはないように思う。この本を読み進んで行きながら、現在では何気なく病院血圧や日常の健康チェックに使っている血圧計が、これ程、長い歴史と多くの人々の努力によって作り上げられた産物であることが分かり、正直言って驚き以外の何物でもない。

この本の中の「血圧測定の発展の長い歴史」で特筆すべきイベントの節目は;

＊ 現代の非観血的血圧測定の主流はコロトコフ音による聴診法とオシロメトリック法であるが、その原点は手などの四肢の脈を触診する診断から始まった。
＊ 脈の診断は人類の文明が始まった、2500 BCE~2000 BCE 頃に既に中国やエジプトでは行われていた。
＊ 1628 年 William Harvey の血液循環の発見
＊ 1707 年 Sir John Floyer の一分当たりの脈のレートを数える脈時計の発明
＊ 1711 年 Stephen Hales の馬の動脈にチューブを挿入して血圧を計った
＊ 1834 年 Jules Herisson が水銀を使った垂直のマノメータ(圧力計)を非侵襲機器に使った
＊ 1860 年 E.J.Marey が脈波グラフ装置を発明
＊ 1896 年 S.Riva-Rocci が間接的に血圧を計る腕カフ、空気ポンプおよび垂直水銀圧力計を導入して現代の血圧測定の時代を切り開いた
＊ 1901 年 H.von Recklinghausen が Riva-Rocci の幅が狭いカフを広げて改良
＊ 1905 年 N.S.Korotkoff が血圧測定中に圧迫により引き起される動脈音を発見し聴診法を導入した
＊ 1927 年 American Bureau of Standards 基準を改良するため多くのレポートを作成

等であろう。そして、著者はこの本の最後の章の締めくくりに、血圧計の圧力表示用に水銀の使用を禁止する EU 指令や今や世界規模で進められているが、この簡便な有益な方法で、過去に事故も起きた例がないのに禁止する指令を出すのか不平を提示している。

最近の血圧計は電子化が進み、CPU の制御の下で圧力センサや表示器で比較的安価なコストで置き換え出来るようになった。表示器は液晶や LED などでバーやデジタル数値表示されるようになってきている。

また、標準化においても、国際的な組織での基準化が進められ、各国の共通化も整えられてきている。

追加になるが、この本が出版されたのは 1998 年で、また著者達は 1940 年以降は序文にあるように意図的に記述していないが、訳者の勝手で、最近の動向として、「7. 血圧測定の生理学的特性とその測定装置」と「8. 血圧計の標準化」の章を追加した。その意味で、もし間違いや矛盾点があれば訳者の責任として受けたい。

(訳者) 平成 27 年 6 月吉日
株式会社エス・エム・アイ・ジャパン
山口隆洋

目次

訳と追加項目について 2
2.　Pulse(脈) 16
起源 16
中国の医療 17
インドの考え 20
ギリシャとローマ 21
Galen (ガレン) 22
中世 23
ルネッサンス 25
脈の時間を計測 27
医師の脈拍時計 29
Galen から離れた動き 31
３．脈波グラフ 34
最初の脈波グラフ計 36
現代の脈波グラフ計 37
Mahomed の脈波計 40
実用的装置 41
脈波グラフ計(記録器)の衰退 45
変遷 46
４．1896 年までの血圧測定 47
最初の血圧測定 47
The haemodynamometer (血圧計) 49
Kymograph(キモグラフ) (血圧などの波形曲線記録器) 51
血圧の直接測定 52
改良された間接的方法 54
脈搏計の再現 57
５．現代に入るまでの血圧測定 61
Riva-Rocci 61
圧迫用機器 63
圧力計でのさらなる改良 64
アネロイド圧力計 71
オシロメトリー 71
記録する血圧計 72
聴診 75
The Baumanometer (バウマノメータ) 78
加圧機器 79
標準化 80
患者の準備 80

6　臨床的意義 82
7. 血圧測定の生理学的特性とその測定装置 90
a) 圧力脈の形状 90
b) 血圧と圧脈波の伝搬速度 90
c) 非観血血圧測定法－オシロメトリック 91
d) 非観血血圧測定－聴診法 92
聴診ギャップ 94
カフサイズと較正 94
ブラダとカフ 95
血圧測定値の留意点 96
上腕位置の影響 96
患者の姿勢と静水圧の要素 96
部位間の差 96
上腕と大腿動脈の間の差 97
電子式自動血圧計の測定ブロック 97
加圧ポンプ 98
電磁弁(排気バルブ、制御バルブ) 98
圧力トランスジューサ 98
直接法血圧測定とは 99
直接法と間接法との違いの比較 100
運動負荷時に計る血圧計 101
非観血アンビュラトリー血圧測定 103
8 血圧計の標準化 105
IEC 80601-2-30 に規定されている事例 106
. *最大加圧時間の制限 106
Long-TERM AUTOMATIC MODE 106
Short-TERM AUTOMATIC MODE 106
基準器としての聴診器測定法 107

M. Donald Blaufox ドナルド　ブランフォクス

血圧測定の歴史に関する専門書を書こうと思ったのは、幾つかの動機からである。過去 50 年間、このトピックスについて何も書かれていないのには驚くばかりである。著作物の中で簡単な書評または論評はされているが、このテーマについて徹底的に歴史な構築を試みた形跡はみられない。その背景もあって、医師や、心臓学者、腎臓学者および高血圧の専門家たちでさえ意外とこの分野について知っていない。

多くの引用文には、過去を理解しないで現代を理解できない無能さと、この知識が無いため同じ過ちを繰り返す危うさを暗示している。この現実を我々のこの専門書で正しい方向に是正しなければならない。

血圧や脈は、誤った解釈で蔓延しているテーマで、血圧の測定については、歴史の中でずーと論争されてきた。その理由として、真の血圧を定義することが難かしく、医師達もその新しい考えやアイデアを受け入れられ難かったからである。1930 年ごろの宣伝用の小冊子の中に、まさしくこの誤った考え方をしている実例がある。(Ano.c.1930). このパンフレットには正常の血圧は 20 歳で 100/70 mmHg で、その後、一年毎に拡張期は 0.5 で、収縮期は 1～1.5 づつ上がると謳っている。この定義によると 70 歳(性別で補正なし)の正常血圧は 150-158/105 mmHg になる。このことは疑いもなく危険性が高くしているのは血圧で、その治療が致死率を下げてきたと示されていた。高血圧および低血圧についてもこの小冊子には論じられている。収縮期高血圧は拡張期高血圧にともなう生理学的補償機構であり、根底には病気とみなされている。高血圧の原因は「低レベルの毒素を長期間継続して吸収した結果として・・・これが血管を正常な弾力性のある細胞と徐々に置換わってていく。」 低血圧は多くの原因を持った病気としてリストされている。心配症、神経症や高血圧との関係に注意が向けられている。

これらの記述は一粒の真実があるが、上がっていく血圧の実体についての病理学的意味について、今世紀の中頃まで全く理解されていなかった。この問題の重大な要因は、我々の考えを進化させることを知る必要があった。

血圧測定は医学的知識、診断及び治療において技術の進化に依存してきた好例である。悲しいかな、そのことは我々が身体の診断する技量を失い、科学技術の進歩への依存度が益々多くなってきたかを物語っている。19 世紀と 20 世紀に紹介された精巧な機器でなされた多くの定量的観察は、すでに意味は充分理解されてはいなかったが、それらしき意味を数百年以前に報告されていた。'塩分の過剰嗜好は脈を固くする'という宮廷内医療の Yellow Emperor Classic (黄帝)の記述は、血圧と塩の摂取と関連付た最も古い観測結果で 5000 年後の今でも議論され続けている。

この背景がなくても、血圧を計る器具の進化はこの分野に携わってきた人々の創造力を引きつけるだけの魅力ある一連の機器であることを物語っている。それ

は、やるべきことが余りにも多すぎて、何一つ完璧に満足するものがないという結果におちいっている。

以上の様な理由から：　如何に医療の考えを展開して来たかによる想像を絶する複雑さを有する魅力；私の職業上の経歴がら高血圧に対する興味；我々に刺激を与えた医学的古いものの価値と、科学技術への興味が、我々がこの本を準備しようと思い立つ動機付けになった。

最後の言葉になるが、我々は可能な限り一番古い参考資源を使うようにしてきた。殆どの場合、我々は発明者の考えやアイデアの本当の考え知るため、その機器の発明者自身が書いたものを利用することが出来た。18 世紀から現在までの殆ど材料は最初の資源から得られたものである。より初期の資料は、しばしばラテン語か翻訳ものから要求される他の言語、または、それが利用できない場合は、二次的な資料になった。我々は二次的な資料には多くの矛盾があったり、翻訳作業においては歴史家達が技巧に凝っているのも知っている。そして正しくなかったりまたは受け入れられない憶測のものは可能な限り修正するように努めた。しかしながら、そのような材料に対しても、幾つかの参考資料は未だにそのままになっている。我々はこの魅力のある歴史について正確で立証できる説明は提示してきた思うが、二次的な資料が用いた実例にでは幾らかの矛盾がみつかもしれない。

この本は合理的には仕上げた積りだけど、幾つかの材料は文脈を読みやすく理解しやすくするため削った。これらの資料は、血圧の測定の進歩についての全体的な歴史を網羅していると思う。動物にたずさわってきた人々は人類の発展には直接は関わっていなかったので省いた。この分野に非常に貢献した人々は、全ては含めるように努めたが,そこにはある程度我々の個人的な判断が入っている可能性はいなめない。

この本の中身に対しては多くの方々が寄与して頂いた。本文および付録の多くの挿絵は、Albert Einstein College of Medicine, New York.のグラフィク・アート学部で専門的に作成された。Drs Philip Reichert と Harol Segall は私と何時も血圧測定のテーマの見解について連絡を取り合って、掲載物のコピーを気前よく提供してくれた。付録に示されている多くの器具は、Dr Nolie Mumie の所有物から得られたものである。また沢山の古物商の業者の方々は器具の探索にも手伝って頂いた。ニューヨーク･医療アカデミーのスタッフと私の秘書 Barbara Bartolotta は出来る限り正確な参考材料を手に入れるように精力的に助けてくれた。

私の妻 Paulette はこの本を書くことに激励し､この件で何年も話し合ってきた。そして、このプロゼクトを Nasim Naqvi と仕事が出来たのは楽しかった。この経験を通して知ったことは非常に楽しくて面白かつた。

M. Donald Blaufox

ALBERT EINSTEIN COLLEGE OF MEDECINE AND MONTEFIORE
MEDICAL CENTER, NEW YORK, USA

N.H. Naqvi

血圧の測定は医療現場では普遍的な道具で日常的に臨床検査に使われている。科学的方法が血圧測定に導入されたのは、脈を触診する問題と不正確な測定技巧が水銀のミリメートル単位で正確な尺度で測れるようになった時である。血圧測定する非侵襲的に機器の歴史を図入りにしたこの専門書は、従来の方法にならって年代的に記録している。新しい物を古い物と比較するのは新しい機器を紹介する時は、何時も、わくわくする経験を味わった。脈の触診から記録するまでの変移は医療の歴史に長い期間にわたっている。しかしながら、現在使われている機器は僅かこの一世紀の間に進化したもので、第二次大戦以降は、血圧計には特別な重要な発見または進展はみられなく、ただ、技術上の洗練とエレクトロニクスの導入のみであった。器具の歴史的な発展についての説明は、もし病態生理学的機構を理解、血圧と関わった治療の成果や予防の成果は、その莫大な意味合いの観点から判断した場合益々重要性を増す。

私のこの本について Donald Blaufox と共同で取りかかれた事は非常に幸運であり、彼の器具進化における広い視野を代表している血圧器具を、膨大な私的収集物として集めていたことである。一箇所にここまで完璧な形で収集されているのを見れる所は何処に行ってもない。これほど系統的に挿絵入りで記述されたものなったのは、この本の最も興味深い有益な特徴の一つであると私は思う。これは独特で差別化されたものであることが読者の皆さんにその見方を感じて頂くと私は自信を持っている。この本の著者達はこの仕事を建設的で包括的なものにするため努力し、正直言って、読者の皆さんには我々の使命感は正しかったと評価して頂けるものと期待している。

N.H. Naqvi
DEPARTMENT OF ANAESTHESIA, ROYAL BOLTON HOSPITAL
LANCASHIRE, UK

血圧の正確な測定は全ての医療提供者の医療施設では大切な道具である。現在の医療現場おける全ての手術や侵襲的治療中で、血圧を監視することが日常的な手順になっている。その高血圧の診断したりケアで、その症状は文明社会の人々の最も共通の悩みの一つになっていることは、意義を挟むまでもなく大切である。

米国やヨーロッパでは 30 歳以上の全ての人々の内 20〜40%は高めの血圧である。他の国々に於いてもその差に違いがあるにしても、この人類を苦しめている非感染性の病気は概して相対的に高くなっている。この忍び寄る静かなる病気を正確に診断し効果的な治療するには診断する道具の発明無しでは可能にはならなかった。血圧測定の技術の進化で理論及び誤解の物語：(脈の知識を手にした前近代に始まったが)：がこの本の題材である。我々は医療と脈を関連付けることを知った最も古い時期を歴史的に正確に決めるのは不可能であるが、生きた人間の頭がい骨に穴を開ける新石器時代の医療に携わった人々は脈については多少の知識を持っていたに違いない。

3 本または 4 本指で脈拍を触診して、凡その血圧を見積もる手法は 20 世紀に入ってもよく使われ、教え伝えられてきた。一般的には、基部になる指は血液の流れを止め、中指は緊張度を見積もり、末梢の指は逆流を止めるために使われた。中国人は、病気の違いと身体の場所を反映している脈を触診するのに、はっきりとした三か所の場所を知っていた。最も古い医療行為から現代までに至って、手首における脈の触診は、最も一般的な臨床検査であっただろう。

ベッドサイドで動脈血圧の測定に入って行った簡単で時の試練を経た観測の進歩は診断医療の興味深い物語である。その進歩と成果は、科学的な原理に基づいた方法論の発展に依存していた。その材料技術の発展の中における科学的な資源や新しい手法を適用してきた多くの研究者の長く続いた努力の成果であった。当然のことであるが、ゴムなどの材質が利用可能になったのが血圧測定を進歩させてくるのに重要な要因であった。

これらの資源の相乗効果で、正確に血圧を測定する技術が最高潮に達し、それが日常的な臨床検査、治療と関連する病気の予防する我々の能力に、大きな影響を及ぼした。表 1 は、年代順で血圧の研究およびその意味の重要さに大きく貢献者達をリストしている。(最も重要な貢献は太字で示されている。日付はおよそで、近似的な日程ある。)

1930 年から 1940 年後に開発された機器は現代として割り当てた。現在起きている内容は本当の歴史的な見方が欠如しているため表にはのせていない。それはまた、電子化の時代では、機器の変化やこの時代の方法は、大部分は重要な進歩というより、微細な調整を象徴していることに注目すべきである。

表１

血圧測定の歴史に重要な出来事

日付は近似的。重要な進歩は太字で示されている。

日付	貢献者	貢献した内容
脈		
2500 BCE (中国の黄帝)	Huang Ti	宮廷内の医療に携わった黄帝の最も優れた医師、Nei Ching は脈について多くの論文を論及している。
2000 BCE	Pien-Ch'iao	著者(Wang Shu t'u-cheih Nan-ching mo-cheuh (脈の秘密)
2000 BCE	Priests of Sekhmet	ライオンの頭した神、聖職者セクムトは脈拍の触診を実践していた事を報告している。
1600 BCE	Edwin Smith papyrus	1862 年にエドウイン・スミスによって回収された。何回も述べられている脈の触診。
1550 BCE	Ebers papyrus	脈に関する無数の参考内容を論じている
400 BCE	Praxagoras	Hippocrates の同時代に、いろいろな脈を言及している。
300 BCE	Herophilus	彼の同時代、Cresibius の水時計を使って脈を数える。
294 BCE	**Erasistratus**	**臨床診断で、脈の検査に使う**
100 BCE	Sage Kanad	Nadi-vijnana (脈の解説)の著者
100	Charaka	インドの医師は著書で脈の触診について述べる
150	**Galen**	**少なくとも脈について 18 冊の本の著書 いろいろの脈の名前を付けて言及**
200	Rufus of Ephesus	その時代の脈についての全ての知識を編集
777	Yuhanna ibn Masawayh	そのテーマについての本は無くなっているが、脈について書いた最初のアラブ医師

900	Rahazes	医療の百科事典的な本の著者、重要な臨床検査として脈の触診を書く。
1000	Avicenna	50 脈以上正確に定義し、名前を付けている。
1250	Gilles de	フランスの医師。書籍 De Pulsibus の著者、脈についての長い詩
1450	Nicholas of	脈とその病気の関係の測定概念を紹介した最初
1555	Joseph	脈をグラフ的に表示、機械的装置で脈を表示させる考えを紹介している。
1556	Theophile Bordeu	脈の包括的な分類をして出版
1600	Galileo	振子の運動で彼の脈と関連付た
1603	Santorio Santorio	脈を数えるための最初の機器について記載し、それを pulsilogium と名付けた。
1604	Hercule	いろいろの脈を定義するためコーディングシステム採用した方法を出版した。
1618	J. Kepler	天体現象を時間計測するため脈拍を数えた
1628	**William Harvey**	**1616 年 4 月 16 日血液循環を書き、その後、あの有名な Exercitatio de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus. 出した。**
1707	Sir John Floyer	一分当たりの脈を数えるための脈拍時計を発明
1741	Salano de Luque	スペインの医師。脈拍についのての沢山の論文を出版、英文に翻訳されて有名になった。
1767	Henry Fouquet	脈に主要なイラストした論文の著者
1786	William Heberden	ガレンの教書を批判及び脈のリズムを生理学的に説明する試みをする。

1796	Willian Falconer	脈の時間を計った広範囲の表を準備した
1890	Sir W.H.Broadbent	多くの脈波グラフを記録したものを言及した脈の著者
1892	Willian Ewart	ロンドンの医師。脈の知覚の著者、脈について最後の優れた研究を行った。

圧の測定

1711	**Stephen hales**	**馬の動脈にチューブを挿入して血圧を測った歴史上の最初の人物**
1828	J. L.. M. Poiseuille	U 型形状の水銀マノメータを発明。血圧計
1834	**Jules Herisson**	**水銀垂直マノメータで、最初の非侵襲機器を紹介**
1835	E.S.Blundell	イギリスの医師。Herisson の論文を翻訳し装置の改良。
1835	**Joseph Nancrede**	**米国の医師。Blundell 独立に Herisson's 論文を翻訳、その装置を改良。**
1839	Haggen-Poisesuille law	チューブ内の流体の流れを決める法則をこの 2 名の科学者によって独立に記述された。
1847	Cal Ludwig	血流記録器を紹介
1849	Eugene Boudon	フランスの発明家。液体とガスの圧を測る曲がった金属で穴のあるチューブのパテント。(Bourdon チューブ)。アネロイドマノメータを採用した。
1855	Karl Vierordt	ドイツの生理学者。脈波記録計を紹介。
1856	J. Faivre	フランスの外科医。四肢の切断中の直接法による人間の血圧を記録。
1860	E.J.Marey	フランス生理学者。間接血圧測定のパイオニア。Marey 間接的血圧計を発明。
1866	F.E.Anstie	ロンドンの医師。恐らく臨床で血圧使用について出版した最初の人。

1867	Sir J.S. Burdon -Sanderson	脈波グラフのハンドブックの著者
1868	E. Holden	脈波グラフに関しての最初のアメリカの貢献者
1872	F.A. Mahomed	Marey の脈波グラフの重要な改造、それによって、Bright を研究し、重要な高血圧とは何かを記述している。
1872	L. Landois	ドイツの医師。アンギオグラフと名付けた装置で多くの貢献をした。
1876	J. Sommerbrodt	改造した、幾分複雑な脈波グラフを導入し、健常人の脈波について無数のトレーシングを作成した。
1879	E.A. Pond	アメリカの医師。Pond の改良型脈波グラフを導入。
1880	L. Waldenburg	ドイツの教授は総括的モノグラフを記述、また自身の器具を導入した。
1880	R. E. Dudgeon	Dudgeon の脈波グラフが普及され、幅広く使用された器具である。
1880	S. R. von Basch	橈骨動脈を圧迫するために使われた水又は水銀で満たしたゴム製のペレットを発明した。Von Basch はアネロイド型ダイヤル-タイプ血圧計を使った最初の人物。
1880	A. M. Bloch	Bloch 血圧計を導入、タイヤゲージに似たポケット-サイズ圧力計器
1882	B. W. Richardson	動脈の上で圧力を調整するより正確な重り機構を付けた Dudgeon 血圧計を改良した。
1886	C. Z. Ozanam	発明家たちの包括的歴史の著者は脈の研究に使用した。
1889	P. C. E. Potain	Basch の器具をペレット内の液体を空気で置き換えて改良し、その機器の精度を飛躍的に上げた。
1892	Angelo Mosso	細動脈圧を測るトノメータを紹介した。

1896	L. Hill and H. Barnard	ロンドン病院の生理学者は携帯型液体で満たした機器について記載し、Hill and Barnard 血圧計、Herison 器具を思い偲ばせる。
1896	**S. Riva-Rocci**	**間接法にて血圧を測るため上腕カフ、エアーポンプと垂直の水銀計を紹介した現代の時代の先駆け。**
1897	**L. Hill and H. Barnard**	**Riva-Rocci と独立に上腕カフとアネロイド計を紹介。Hill and Barnard 動脈ゲージ。麻酔中に血圧を監視した報告の最初。**
1898	G. Oliver	ポケットタイプ機器、血圧計について記載。多くの他の機器幅広く出版物に紹介した。
1899	G. Gaetner	オーストリア医師。Gaetner トノメータ、手指に適用され、それはいろいろなモデルが作られた。
1901	Harvey Cushing	アメリカの神経外科医。アメリカに Riva-Rocci 法を紹介した。
1901	**H. von Recklinghausen**	**Riva-Rocci の狭い上腕カフを幅広くすることで改善し、アネロイド血圧計に導入し、オシロメトリック原理を普及させた。**
1902	**T. C. Janeway**	**アメリカの医師。U 字型水銀血圧計を紹介した。重要な論文を出した。**
1903	H. W. Cook	Cook の血圧計、Riva-Rocci の改造型を紹介した。
1903	W. B. Stanton	水銀タンクと足踏みポンプ加圧器付で金属で蓋された携帯型水銀計について記載した。
1903	**C. J. Martin**	**オーストラリア、メルボルンで、生理学教授。幅広い上腕カフと加圧用の自転車ポンプ付 U 字水銀計を紹介した。**
1904	J. Erlanger	エアーの伝達を使って正確に記録する血圧計を発明。
1904	L. F. Bishop	水銀の代わりに水を使っている機器を紹介。

1905	**N. S. Korotkoff**	**圧迫にて引き起こされる動脈音について記載しているロシアの軍医で、血圧測定にて聴診法を紹介する。**
1907	J. Ettinger	コロトコフ音の第五フェースを観察、拡張期血圧に採用されることを主唱した。
1908	J. Fisher	第四音または包むような音の点を拡張期血圧を提唱。
1908	1. Jaquet	スイスの医師。Jaquet ポリグラフを述べている。
1908	J. Mackenzie	Machenzie のポリクラフ。
1909	M. V. Pachon	オシロメトリック法を普及させている圧力変化しているものに対する応答するエアータイト・チューブを使っているアネロイドを紹介。
1909	F. A. Faught	水銀計およびアネロイド計の設計
1910	H. French	ロンドン医師。ストレート形状、携帯型水銀血圧計を紹介。
1910	L. Gallavardin	フランスで血圧の研究に大きな貢献。Pachon 装置の感度を改良するためダブルカフを紹介。
1912	Tycos	アメリカ市場の Taylor Company でアネロイド血圧計に熱心であった。
1913	**G. Oliver**	**イギリスに血圧を測るための聴診音を紹介。圧縮空気計を設計。**
1914	P. Nicholson	折りたたむ水銀チューブが付いた携帯水銀計を紹介。
1916	**W. A. Baum**	**アメリカの企業で Baumanometer として知られた非常に普及した器具を売り出した。**
1920	Uskoff	エアー伝送の Erlanger の原理を使って記録するポリグラフを紹介。
1927	**American Bureau of Standards**	**1917 年と 1921 年日付の標準基準改良するため多くの報告書作成し、その最も幅広いものは 1927 年に出版された。**

1930	H.von Recklinghausen	オシロトノメータ、アネロイド計ヨーロッパで普及
1930	J. Plesch	ドイツの教授。イギリスでトノオシログラフ装置の特許。

2. Pulse(脈)

起源

Pulse(脈)を触診した始まりは、古代文明の発祥の地に残された資料や文明の遺物から辿ることができる。エジプト、中国およびギリシャでは、彼らの医療文献の中で脈の触診は患者の臨床検査としてなくてはならないものとしてその重要性を述べている。エジプト考古学研究者が多くの石碑の解明することによって我々の理解は高まり、古代エジプトの医療の実務で、彼らの考え方を把握できるようになった。

ライオンの頭の女神セクムトの伝道師達は、脈の検査について特別な知識を持っていたようである。その伝道師の一人の墓石に刻まれた碑文には、彼が触診の技能に卓越していたと言っている。この医師の伝道師を讃えた碑文の抜粋は以下に述べている。

Poweful and clever in his art, who lays his hand on the sick and knows. (Sigerist 1955)

彼の技能において力強く、明晰さ、彼は病人の上に手をおいて、その症状を知る・・・

古代エジプトのパピルスで、現存している最も古い医療に関する資料で、そこにはまだもっと古く遺失したコピーがあったと思われているが、3000BCE (Guthrie 1945)以上の前の神 Thoth(トト)の神聖な秘伝の本がある。これらの資料の一つの Ebers papyrus(エーベル・パピルス)で心臓の動きについて述べている。:

[I]f priests of Sekhmet, or any physician, places both hands or fingers on the head, on the place of heartbeat, on both legs, [he is] measuring the heart. (Gispen 1957)

セクムトの牧師は、医師があったが、頭の上、心拍の場所、両足の上などに両手または指を置いて心臓を計っている。

身体のいろいろな場所に手を置いて触診すると、その脈を通してその場所の状態を知る事ができる。

エドウイン・スミスのパピルス、手術のテキスト、には身体の中で血管について述べていて、心臓と血管を関係付けている。その脈について記載しているのは次の文脈である:

The heart speaks one of the vessels of every limb. (Dawson 1942)

心臓は個々の四肢の血管の一つに語りかけている。

エドウイン・スミスの翻訳者であり編集者、J.H.Breasted は、指で数えていたとか、または心臓を計っていたとする資料の中の内容は、実際は脈を数えていたとする意味だろうと推定している。Sigerist はその意見には意義をとなえながらも、以下の文脈の内容についはエジプト人たちを認めている。

They undoubtedly knew that the heart beats, and that the pulse was accelerated in physical exertion, fear and fever, and even by merely feeling it they could easily determine whether it was slow or fast.

エジプト人は疑うまでもなく、その心臓の鼓動について知っていた。そして脈は肉体的な激しい活動、恐怖や発熱時には速くなった。そして単に触っただけでも、彼らはそれは容易に遅くなるか速くなるかを知っていた。

図 1.ｴﾄﾞｩｲﾝ・スミス・パピルス

脈を扱っているページは不完全な形で残っている。(図 1). 他の多くのページは保存状態がよい。それでも、それは次のように訳されている。

As for: Thus examinist a man, [it means] counting any one...[like] counting things with a bushel.. [For] examining [literally 'measuring'] is [like] one's [counting] a certain quantity with a bushel, [or] counting something with the fingers, in order to [know]...It is measuring things with a bushel which... one in whom an ailment is [cou]nted, like measuring the ailment of man; [in order to know the action] of the heart. There are canals [or vessels] in it [the heart] to [every] member. Now if the priests of Sekhemt or any physician puts his hand [or] his fingers [upon the head, upon the back of the] head, upon the two hands, upon the pulse, upon the two feet, [be] measures [to] the hear, because its vessels are in the back of the head and in the pulse; and because its [pulsation is in] every vessel of every member. He says 'measure' regarding his [wound] because of thevessels to his head and to the back of his head and to his two feet....his heart in order to recognize the indications which have arisen therein; meaning [to meas]ure it in order to know what is befalling therin. (Breasted 1930)

中国の医療

中国の医療書類では、脈を触診することは医療における検査では、最も重要な一部であると考え、脈についての内容が随所にある。(図 2). 最も古い中国の医療の哲学は、健康な身体は、宇宙の二つの力、"陰"と"陽"の調和がとれていなければならない道(タオ)教の思想に基づいている。殆どの古代中国の医学の書類には、血管は身体の中では対称的な形で存在し、"陰(いん)"と"陽(よう)"のバランスが"取れているか"または"崩れているか"は脈を注意深く調べれば知る事ができると記載されている。最

も古く良く知られた中国医学のテキストは Han Ti Nei Ching Su Wen. The Yellow Emperor's Classic of Internal Medicine.(黄帝の宮廷内医療)である。

The most important requirement of the art of healing is that no mistake or neglect occurs. There should be no doubt or confusion as to the application of the meaning of the complexion of the pulse, these are the maxims of the art of healing.

治癒するのに最も重要な要求事項は過ちや、なおざりにしないことである。脈の意味を採用する場合、疑いやまたは混乱があってはならない、これ等が治癒する最高の技能である。

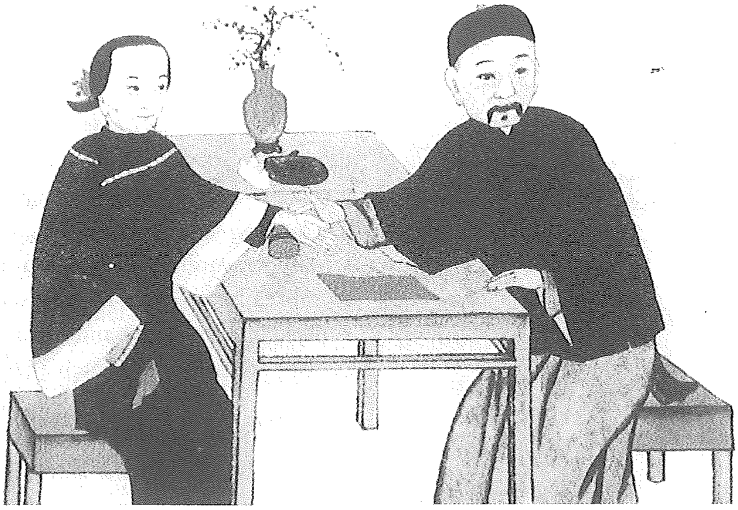


図 2. 脈の触診，シルクの中の中国式水彩画

この研究(16 世紀中に翻訳されたが)では，紀元前 2697-2597 年に生ていた皇帝 Haung Ti とされているが、一部の歴史家は伝説上の人物と思っている。この書類は長年にわたって多くの著者たちの貢献の結果であり、最終の形で編纂されたのは約紀元前 2 世紀頃と言われている。(Hoizey & Hoizey 1988)。*Haung Ti Nei Ching Su Wen*(黄帝内経: 中国最古の医学書)はしばしば文献などに取上げられている。

そこには、このテキストの中に脈につて詳細な記載があり、いろいろな器官に潜んでいる病変と脈との相互関係を解釈するため非常に努力をしている。食塩の過大な嗜好が脈を固(かた)くするという観察は、脈の強度が血圧の変化に反映されると認識した最も古いものであろう。これは塩分の摂取と高血圧を関連付た最も古いものの一つである。脈の特徴が馴染みのある音や動きに例えて *Huang Ti nei Su Wen の中に*記載している。:

The pulse of a healthy heart should feel like continuous hammer blows.

健康な心臓の脈は連続的にハンマーを打つように感じられるべきである。

その他の様々な脈についても、興味深いいろいろな表現を使って述べている。例えば;

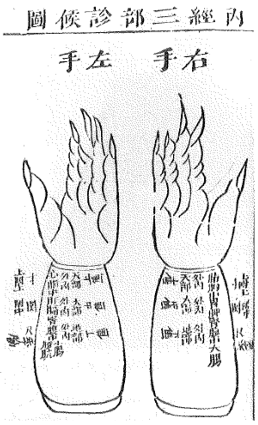
---

pulse like the notes of a string instrument...like wood floating on water...like fish glinding through waves.
弦楽器の音色のような...水に浮かぶ木のような...波の中を.滑るりながら泳ぐ魚のように.....

このテキストの別の場所には次のような記述がある。:

---

when the pulse is small and fine, slow and short it indicates that heart is irritable and painful...The pulse of a very sick man rushes and pants.
脈が小さくて細く繊細で、ゆっくで短い時、心臓はイライラし痛々しい....重病の脈は息切れし喘ぐ.



右と左手首で脈拍
図 3 Pien-Ch'iao's
脈拍の極意

Secret of the Pulse (脈の極意)について述べられている、あの有名な Pien-Ch'iao によって書かれた(図 3)脈に関する幾つかの中国語のテキストがある。(Lyons & Petrocelli 1978)

Qin Yueren (伝説上の名医)、または Bian Que は Chaw は、紀元前 3 世紀の有名な医術の人物で、Chaw 時代(?)に、脈の検査で診断をする考え方を導入した。Hua Tu は 115 年頃生まれ、彼は脈の研究をし、触診によって診断をする技能に長けていたと称賛されている外科医であった。後に(Chen & Ling 1926). 約 280 年頃、Wang Chu は題名、Maijing または Pulse Classic の題名の有名な本を書いた。この分厚い 10 刊の本は、Haung Ti nei Ching Su We 以来の脈についてのあらゆる知識を集めて編纂したものである。この著者は、教えの中で非常に重要な要素となる脈について正しい検査のやり方を書くために非常に苦心している。脈は 3 本の指で、弱く、中ぐらい、強い圧力で押して、身体のいろいろな箇所で計っている。医師達はその脈を自分の呼吸で時間を計るようにアドバイスしている。著者は、この脈を 4 種類に分類し: 表面的、深く、ゆっくり、素早く、と述べている。これらを、さらに 24 種類に分けている。例えば、浮いた脈(*fu*)、または、目に見える脈; そして深い脈(*chen*)、それは「川の浅瀬の底の小石のように]感じる脈等である。Maijing によると、3 種類の橈骨の脈が検査されるべきで: 前方の脈(cun)手のひらに最も近い場所; 中間の脈(guan)と後方の脈(chi)、手のひらから最も離れた場所を、調べるべきとしている。この脈に関する論文は、数世紀に渡って重要な参考資料として存続していて、いまだに伝統的な漢方医療では受け継いでいる。

12 世紀中に *Cuishi Maijue's Principles of the Pulse by Master Cui* が出版され多年わたって中国全土で使われた。1241 年、*Shi Fa* は *Chabing Zinan*(病気の検査のためのガイド)の中で、大半は自分の脈で調べ、豊富な挿絵入りで非常な長さ

で記録していた。1564 年に Li Shizhen は、これはもう一つの重要な仕事になるが、*Binhu Maixue(Binhu's Study of the Pulse)*中で彼に利用できた重要参考資料を集めた。脈について古代から最後の重要な中国の仕事は *The Pulse-Lore of Chang-ke* (Chang-ke の脈の技術)である。(Hoizey & Hoizey 1988).

これらの中国の著者たちは、はっきりと脈の重要な意義および病気と脈の変化との関係を理解していたけれど、手先で触診する段階以上の進歩はしなかった。中国の脈の知識は最初は輝かしいスタートを切ったが、伝説と神話により、ゆっくりと科学的手法から逸脱して、泥沼に入り込んで行った。そこでは、いんちきさ、大ぼらふきやシャーマンと明確な区別がつかなくなってきた。脈の検査の革命は、漢方医療の他の側面にも見られるのと同じように、おしなべて測定とか道具などとは縁遠いままであった。

インドの考え

インドにおいては、医療においての合理的研究は、今からずーと数世紀に遡(さかのぼ)る。最も古い医療の権威者たちは彼らの幅広い資料には脈の検査について記録していなく、歴史家たちの中にはインドの医療用の教本に脈の記述がないのはそれが古すぎる証拠であると思っている。(Jolly 1977) *Susbruta Sambita* は一連の検査を通して、患者の触診について記載しているが、この資料には[脈を触診した]という特別な記述はない。

---

having entered the sick room the physicians should view the body of the patient, palpate it with his own hands and inquire about his complaints.
病室に入って、医師達は患者の身体をみて、彼自身の手で

患者の脈を調べていたとする Sushruta による最近のイラストは彼の医療歴史の本にみられる。そのような引用は全くの想像的なもので歴史的な事実としては一貫性がない。

医療の歴史家は、より後になってインドの医療の資料には頻繁に脈の触診について述べていたことは認めている。(*Nadipariksa*). このインドの資料の中の脈に関した説明は、アレキサンダー大王の遠征後に頻繁に出てくる。完全に脈拍学(脈についての解説)に特化した最も古いインドの資料、*Nadi-vijnana* (脈拍に関する解説)、は Sage Kanad によってサンスクリット語で書かれていて、彼は医師で哲学者あり、紀元前 200-100 年頃に生きていた。彼は男性は右手首、女性は左手首で脈を取る事を推奨し、この性別については脈拍学の歴史の中で度々出てくる。

Charaka(or Caraka)は一世紀にインドの亜大陸の北西部を収めていた Kanishka 王の宮廷医師であった。彼の *Caraka Sambita* では'心臓の拍動による脈と関係し、人の死後はその脈が無くなる'事を認識していた。

8 世紀以降の資料には、アラブの医療と接していて、しばしば、脈について、1348 年の *Nadipariksa* (*On Pulse feeling;* 脈の触診について)や、 1300～1500

年頃の *Sarangadhara Sambita* などの中で述べられている。この論文の 10 節の韻文は脈の特徴と検査の仕方を主として述べている。脈に関するもう一つの出版物は、Ravana と言う余り知られていない著者によって書かれたもので、1923 年の極く最近に再版された。これらの全ての書き物は中身が非常に似ていて、その発生は Sage Kanad'のテキストにあるようである。その全てが、男性では脈は右で感じ、女性では左手首で検査すべきとしている。脈は医師の右手の三本の中指で、足や、首や鼻でも調べるように推奨している。いろいろの脈の特徴について記述し、蛇やヒルの動き、またはカエルの跳ぶ動きに例えている。幾つかの脈は、スワン、孔雀または雉のようなエクゾティクな鳥の動きと類似させている。

インドの著者は脈を注意深い検査は、病人の診断にとって必須として強調している。不治の状態の脈はゆっくりで弱弱しいと書かれ、一方、下痢やコレラでは脈は殆ど感じられなと述べている。胸部の傷や脳出血の場合、脈は速くなると明記している。今日、脈の触診は、インドの医療の実務の Ayurvedic(アーユル=ベーダ; ヒンドゥー教の古代の医術)システムの重要な要素であり、伝統的なインド医療のベッドサイド医療調査の重要な一部になっている。

ギリシャとローマ

ギリシャは人間の思考の仕方に合理性や論理性を持込むための大きな役割を果たした、そして、他の多くの人々が熱心に努力したように、医療の進歩に対する彼らの貢献は多大なものであった。彼らは人間の解剖の研究にその重要な考え方を持込み、心臓と血管と関連性について確立していた。脈は心臓の機能によるとして認識し、それは脈を重要な臨床方法の診断のために使ったのは当然の成り行きである。

Hippocratic 以前のギリシャ医療の多くの知識は、戦争で傷ついたり、スポーツによる怪我について生き生きと描いている Homer の資料から知り得る。Homer の神達が腹を立てた時、オリンポス山から降りて、罰として弓をはなった。神の怒りを収めるため、山羊や牡牛が生贄にされた。初歩的な解剖が、この叙事詩の物語の中に鮮やかに描かれ、そこには主な器官や血管に名前が付けられ、心臓の鼓動の重要さをはっきりと認めている。

Hippocrates(460-377 BCE)、Homer 後の 2 世紀を書いて、Homer の叙事詩に見られる以上に、それは詩となるまで拡張されていたが、遥かに深く解剖についての理解をしていた。彼は死んで空になった動脈の中に血液は含まないと信じ、心臓の臨床的側面から、この本全体を描いている。Hippocrates は脈については余り注意を払わなかった。しかしながら、彼の同時代の Praxagoras は脈診'［ギリシャ語 sphygmos'脈波;ラテン語 palpare 'feel'］の技能を指導し、このテーマについて書いた最初の西洋の医者であだろう。彼の学生の一人で有名で偉大な Alexandrian Herophilus (335-280 BCE)で、彼は脈を分類し、それに名前を付けた。Herophilus は'calypsidra'として知られている素朴な水時計を使って、脈を計った最初の人であったことが、説得力ある歴史的証拠が残っている。その時計は

Herophilus の同時代の Alexandrian 科学者、Ctesibius によって発明され、もともとは雄弁家のスピーチの時間を計るために使っていた。Herophilus 自身は、生体解剖施行者であったことを Dudgeon (下記を参照)によって言われている。そして、'great'と言う言葉は、彼の成就した成果を言う時に意識的に使われている。

もう一人の有名なアレキサンドリア人で、哲学の父と呼ばれた人は Erasistratus (310-250 BCE)である。彼は Alexander the Great's commanders Seleucid 一世(アレキサンダー大王 (358-281 BCE)の宮廷医師として仕え、そして Alexander の死後、Seleucid 王朝が作られた。およそ紀元前 294 年、政治的必要性から、その王は、若くて美しい王女 Stratomice と結婚したが、彼の息子が彼女と恋に落ち、病気になった。Erasistrarus が呼ばれ、Stratomice がその部屋に入って来たとき、王子の脈が素早くなるのは恋いの病と診断した。この知恵者の医師は王に、彼の奥さんと離婚すれば、彼の息子 Antiochus は彼の愛の対象者と結婚するだろう、こうして、この医師は王朝を救うことが出来た。(Bettmann 1979)

Erasistraus は多くの実験を繰り返し優れた正確な観測を通し、当時の受入れられていた多くの信じられていた事を激しく否定して、彼の先駆者の教えに従う事を拒否した。彼は心臓が収縮した時に動脈が広がり、次の来るサイクルでは逆のことが起こることを観察している。結局は動脈は本質的には収縮しないと結論した。この事は彼より前の生理学者の標準の教えでもあった。残念ながら、彼の過ちは動脈が空気または'pneuma'で満たされ、動脈が働くと直ぐに開放して隣にある静脈から血液がその場所に素早く満たされると信じていた。

最初の一世紀中には、ローマはギリシャの医療を採用した。(Allbutt 1921). ギリシャ出身の初期のローマの医師の一人である Archigenes は、脈に関する重要な論文を書いた。彼は、重要で識別できる点として、力の強度、持続時間、規則性、リズムおよび一貫性を 10 種類の分けて記述している。二世紀に入って、Ephesus 出身の Rufus は熱のあり、年齢および他に異常にある病人の脈について簡潔に述べている。彼は正確に脈のメカニズムを二重脈、蟻が這いまわったような、虫が這いまわった模様を含めて幾つかの古典的な脈を報告している。最も重要な事は、彼は脈を心臓鼓動や収縮は同期していると観察している。

彼は、Praxagoras, Herophilus や Archigenes についてを述べているが、これはあくまでも推測であるが、次に記載する Galen については述べていない。

Galen (ガレン)

Claudius Galenus または Galen (131-199)は、恐らく前代未聞と言えるぐらい脈について偉大な権威者であり、前にも後にも如何なる誰よりも、この課題についてより多く記載した。脈の特徴について述べてきたことは、死後も長年にわたって教えられ実施された。Galen はこのテーマついて多くの本は、少なくとも、十八冊は現存している。この内容は初心者用の脈の本、脈の変化についての 4 冊の本は; 脈の診断; 脈の触診による予後; 最後にその時点で存在する脈についての本の纏めなどがある。彼は言葉の駆使する達人で、系統だてる偉大な創造者で

あった。さまざまな脈についての彼の記述は難解で、論理的で緻密である。彼は資料には様々な脈について記述している。例えば、*pulsus serratus,* または鋸状の脈、糸状の脈、そして *pulus myurus*―ラットの尻尾のように弱弱しくなる強度を減らすような脈を記載している。Galen は脈の知識を完全に習得するには一生かかると説いていた。脈は臓器特異性であるという彼の信条(Chinese concepts のように)が、少なくとも 5 世紀間は広く行き渡っていた。Galen は生徒に経験を積むには脈の実践を健常人の手首で触診することを強く推奨した。残念ながら、脈に対する彼の関心事が余りにも強烈で、取り扱っている多くの事が、殆ど無意味な些細なことで、より悪い事に、混乱させる結果にもなった。

Galen は、また、左心室の収縮は動脈の壁を刺激し、血液を前方に送り出して、拍動を作り出すと信じていた。彼が誤っているのは動脈脈を鍛冶屋のベローに例えて、脈の収縮と拡張は本来備わっていて、活発な運動として記述していることである。彼の観察は、動脈を刺激するため中空の葦を使った実験に基づいていた。彼は脈波は石を水の中に投げ込まれた後に、その表面を走る波動と例えている。彼は静脈や動脈は血液で満たされ、気息では満たされてはいないという彼の発見によって、先駆者の著書、特に、Herophilus や Erasistratus の著書を強烈に批判し、特に Erasistratus には難色を示している。

中世

中世時代では、アラブ社会の医師たちは自分たちを医療の知識の啓蒙家として構築した。関わった多くは医師達は、彼ら自身はアラブ人ではなかったが、アラブ社会の寛容な構造が彼らの医療の発展に大きな貢献させた。アラブの医師たちは、中国、ギリシャやインドの書物から知識を得て、暗黒時代とは無縁であったため、歴史において彼らの地位を非常に有利な立場にした。恐らく、重要な役割は彼らが得た知識を翻訳したり伝承することにあった。そこに、彼ら自身の観察や知恵を付け加えている。そして、脈拍学の分野に対する彼らの貢献は重要であった。

図 4. Avicenna (980-1037)

脈波のテーマについて書かれた最も古く記録されたアラビア語のテキストは Yuhanna ibn Masawayh (777-857)によるもので、彼はラテン語の文献では、Mesue Senor (長老)として知られている。彼はクリスチャンで、Caliph Harun ur'Rashid の宮廷で信頼された医師であった。少なくとも、彼の 2 冊の本はラテン語に翻訳されたが、その脈に関する本は訳されていなく喪失している。彼は解剖学を研究するため猿を切り裂いたと報告していた。

後のアラブ語医療のテキストは脈の検査を非常に重視している。脈に関する Galen の教書は非常に改善された。Rahazes (865-923/932)はこのテーマについて幅広く渡って書いるが、当時の最も重要な権威者は Avincinna (図 4) (980-1037)で、彼は多くの人から Galen の後継者とみなされ、少なくとも 500 年間その地位を維持していた。Galen と同じように、彼は仕事の大半を脈の研究に捧げた。*A*

Treatise on the Canon of Avincenna(Avicenna の経典の論文)に、彼は次のように述べている；

The pulse is a movement in the heart and arteries…which takes the form of alternate expansion and contraction.
脈は心臓と動脈の運動で….それはその代わりとして拡張と収縮の形を取る。

彼は手首が脈を調べる理想的な場所で、その理由として、簡易的に利用でき、患者も身体から外に露出している部分であるためストレスを感じないからとしている。心の状態や検査する医師の集中力することか゜脈の調べるときは重要であると力説している。正確な観察をするには医師は平静さや平穏さを保たなければならないと強調している。彼の書籍を通して、Avincenna は 50 種類以上の識別可能な脈について記している。彼は以前、Herophilus や当時の Galen によって書かれたガゼルの飛び跳ねるのに対する不規則な脈のリズムまたは(pulse ghazalans)を、山羊の飛び跳ねるようだ、または(pulse caprizans)と例えている。

Acincenna は脈の課題を包括的にカバーして、環境、食事、飲料、年齢や運動までも含めて記録している。彼は秀でた詩人であったため、脈の音楽的な特徴に注意を向けた。彼の著書の中は健康人や病人の脈についての記述が大半を占めている。

Maimonides(1135-1208), はスペインからエジプトに移住後、Sultan Saladin に仕えた医師で、脈の見識に関しては Avincenna 後の重要な人物である。彼の *Aphorismen Mosis* は脈に関する Galen の本の殆どはアラビア語に翻訳された内容から引用している。

脈を中心に取り扱っているアラビア語の教書が他にも多くある。この主なものは、Avicenna の脈に関する論評の形体であるが、幾つかは彼自身の新しい考えや洞察を加えているものもある。中世時代の多くのアラブの権威者は、Erasistraus の仕事を非常に崇拝し従っていた。アラビア語の次の文脈は彼の教書にたいする敬意の証である。

---

the lover's pulse is variable and irregular, especially when he sees the object of his affections, or gets tidings of her. In this way one can discover in the case of the one who conceals his love and the name of his beloved, who is the object of his affection.

脈と疾病の関係が多くの芸術的な表現による題目が 20 世紀まで存在していた。患者の脈の触感は、医師は何時も表現に富む技量の中で人気があるテーマであった。この臨床的検査を描いた初期の細密画は 10 世紀以降のペルシャまたはアラブ写本などによく見られる。この時代のアラビアの写本はしばしば個人的な用途またはこの仕事にスポンサーした人々のため作られた。多くは著しく技巧と費用を

かけて装飾されているが、一方、他は教育価値を高めるため簡単な画像を含んでいる。多くのヨーロッパの写本は脈を計っている小画像が描かれていて、またこのテーマはしばしば有名な芸術家によっても採用され、その画像は大きなサイズで、公共のアートギャラリーでも良く見られる。漫画家達はこの題材をロマンチィックな題材として利用して風刺画の中などでも使っている。

ルネッサンス

13 世紀の中世において、アラブ衰退の時期までは、多くのアラブのテキストはラテン語や他のヨーロッパの言語に訳され、この過程はルネサンス時期になされた仕事の基礎づくりに役に立った。脈に関するアラブの文献は、初期のギリシャから 6 世紀の著書まで含めて、多くの言語の中にある殆どの現存する知識の翻訳を網羅した豊富なものである。脈に関するアラブの文献は標準の仕事であり、その多くは現在でも生き続けている。

図 5 医師の往診

同時代の他の何人かの臨床医師の観測も特筆すべき点がある。その中に Gilles de Corbeil がいる。彼はパリの近くの Corbeil で、12 世紀の中頃生まれた。彼は滅び行く Solerno 学校、そこにはいまだに東洋の考え方の影響が残っているが、そこで学んだ知識の光を欧州の中心へ運ぶ役割として医療の歴史の中で特異な存在をしめている。医学の歴史で独特の地位についている。彼は Solerno で研究を完了してパリに戻り、'ロイヤル・ドクター'称号を Philip Augustus 王(1180-1223)にて非常に高い栄誉が与えられ、指導的な首席医師になった。彼の著書の多くは、'De Pulsibus'の題目での脈のテーマについては長めの、多くの引用された詩を含んだ韻文で書あった。Horine は古代の脈の技術について徹底して調査した資料からイラスト化した。

The fatal saw pulse amputates the body's vigor.
And with a cloud of death overshadows life.

この仕事は脈の話を中央ヨーロッパへ持ち込み、そこでは、余り知られていないが、もう一人の重要な初期の貢献者は Nicholas of Cusa (1401-1464)であった。Cusa はパデュアで法律と哲学を学んだドイツの枢機卿であった。彼は宗教上の寛容さが排除された時代に、宗教間の相互理解を擁護するユニークな人であった。彼はいろいろな訓練においても秀でていて、彼の著書は彼の生存した時代では、一歩先んじていた。彼は Copernics より約一世紀も前に、地球は太陽の軸の周りを動いていると提案していた。彼は応用科学に興味を持ち、植物の成長を研究するための実験を行った。彼の有名な題目の本の一つに *Idiota de Sapientia* または *Learned Ignorance*(専門バカ)は 1440 年に出版された。そこでは、彼は'mind'に相当するラテン語の'mens'は'measurement'と同じ意味であると注釈している。彼は幅広く隠喩した'mens a mensurando'; 'mind は measurement(測定)である'を引

用して紹介した。彼は博識のある人は自分の無知を知っている人だと主張し続けた。アラブの詩で同じような哲学を採用している。4種類の男性の一つに、知識がない人で知識がない事を知っている人は、無知であるので、教えよ'という同じ哲学を信望している。彼は物理的現象を測定することにも熱心であった。そして、医療で重要な診断ツールとして脈を調べる事に傾倒した。彼の主な科学的仕事、*De Statics Experiments*,は'orator 話し手'と'idiot まぬけ'の間のやり取りの対話の形を取っている。Henry Viets は次のものから英語の翻訳を出している。

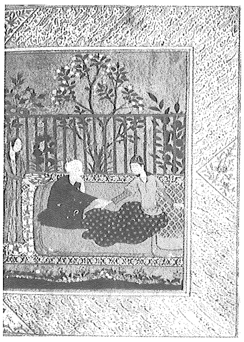


図 6. 脈の触診

IDIOT...Do you not think that if you let water flow from the rigit opening of a water clock into a basin for so long as you could feel the pulse of a healthy youth beat a hundred times, and did similarly in the case of a weak person, that the defferences of weight between the waters would fall under your notice?
ORATOR Who would doubt it?
IDIOT From the weight of waters, therefore, the defferences of the pulses would be arraived at, in the young, old, healthy, infirm, and so a truer knowledge of the disease: since there necessarily turns out to be one weight in one infirmity, another. Therefore a more accurate judgment might be arrived at by such a difference resulting from an experiment of the pulse.

脈拍学の研究に最も最初に重要な貢献をしたもう一人のヨーロッパ人は、ポーランドの Puznan で生まれた Joseph Struthius (1510-1568)である。彼は、Padua で大学に通っていて、25 歳で教職員に任命された。彼はその時の宮廷から医師として非常に請われ、トルコの Sultan 王は、相談役として彼を招聘した事が知られている。Struthius は強く Galen から影響を受けていて、彼の研究の大半はラテン語に翻訳されている。彼は精力的に脈の調査を行い、脈を測る方法を紹介した。彼の最も重要な研究、Ars Sphygmica,では、脈を最も古いグラフィクな表現で記録して、1555 年バーゼルで発行した。彼の脈の測定に対する考え方は開拓的で革命的であった。：

---

the artery supports and lifts behavier or lighter loads in proportion to the strength of the force; which is clearly observed if you place adjacent to the arteries upon the outside of the skin some leaf, or membrance, or linen or small scrap of cloth, or some other similar object. You will see whatever you have placed on top, moved and be raised together with the artery below it.

手作りの機器は、それは類似の原理に基づいて、付録図(図 A1)に見られる。

初歩的であるが革命的な方法で、Struthius は素晴らしい診療器具、脈拍グラフ計の基礎を作り、それが実用的で汎用性のある機器を達成することとなる。脈の

強さを理解についての Struthius の記述は、動脈の上に置いた重りで、動脈の張力に打ち勝つまで増やした重さで動脈圧を計る方法に利用した最も古い試みた考えである。彼は理論及び哲学的な考えに熟知していたが、周囲の技術や適正な材料が不足くしていて、それ以上の進歩を阻む要因であった時期に生きていた。

脈の時間を計測

Johannes Kepler (1571-1630)は天文学的時間の計測として脈を数えた。
Broadbent は分単位で脈を数える事の考えは、恐らくバランス時計を使用した、Kepler によるものとしている。そして、下記の様に言って、彼を引き合いに出している。

---

thus there should be in one minute sixty pulsations, but this slowness is rare, commonly 70 may be counted and in the full-blooded and in women 80. (Kepler 1618)

Galileo (1564-1642)はピサにいた 18 歳の学生の時、彼は協会の中のランプの揺れを観察して、その運動が彼自身の脈と同じであるいう考えを確かめ、それは規則性を持って脈を打つと考えた。それから、その考えを逆に進めて、彼は振り子を脈を計るため使用した。しかしながら、彼は'pulsiogram'と名付けていて、医療分野以外の研究を追及していて、この機器はそんなに多くは使用しなかった。

Santorio Santorio (Sanctorius) (1561-1636)が脈を時計で計る器具を使った歴史上の最初の人と信じられている。Kepler や Galileo がこの考えを作り上げたと思われるが、Sanctorius が医療に積極的に応用した最初の人と考えられている。Galireo は Padua で医学を学んだ。そこには Sanctorius は教授として教鞭を取っていたので、誰が何を誰に伝えたかを正確に決める事は不可能にちかい。Sanctorius は、その器具を Methodi Vitandorum Errorum Omnius qui in Arte Medica Contingunt の中で'pulsilogium'と名付けている。その本は 1603 年ベニスで印刷された。脈を計るため使った器具は、他の機器と一緒に、彼のその後の仕事の'*Commentaria in Priman Fen Primi Libri Cononis Avicennae (Sanctorius 1625), Mitchell* (1891)の中に詳細に引用されている。

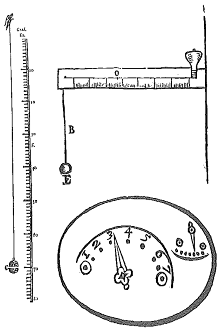


図 7.Sanctoris のイラスト

[I]t is composed of a little cord made of linen...to which...is fastened a leaden bullet...if the cord be long...te motion of the bullet will be slower and less frequent, if the cord be short its motion will be quicker...to measure the frequency or slowness of the pulse, we drive the bullet with the fingers, lengthening or shortening...until that point be reached where the motion of the bullet exactly cincides with the pulse beat.

彼は他の道具についても幾つか図示している。詳細には記述されてはいないが、糸の長さと脈のレートの関係を記録するために設計されたのである。彼はこれらを'cotyla'と呼んでいた。

Sanctorius は自身の代謝を調べる代謝の研究を紹介するなど、偉大な実験者でー特別に用意した秤の上に長期間生活し、自分自身の体重を繰り返し計ったりしている。彼はまた体温計を臨床用として導入している。その体温計の発明は彼(Sanctorius)と Galileo であるされている。1614 年に、彼は De Statica Medicina(医療測定に関して)を記念の仕事として出版している。Sanctorius は Galen の脈の技術の移行期における、脈の知識に貢献した古典期からの最後の科学者であった。

このストリーの最も素晴らしい一部は、誰かが脈を時間で計っるまで、長い時間かかった事である。時間をはかる器具は千年猶予利用されてきた。:重りで駆動させる時計は 14 世紀に発明されていた。：バネで駆動する時計や同様の時計は 1500 年頃紹介された。

Sanctorius 後、脈の研究や理解に対しての貢献は、さらに精巧になった。1604 年、Hercule Saxonia は一様でない長さの破線を符号システムを使って、脈の変化の描写を入れて、フランクフルトで彼の Tractus Triplex de Pulsibus を出版した。Saxonia にとって脈は医療で最も重要な診断の道具であった。

---

nothing is now or ever will be more or ever will be more significant in medical science, no neccessary to it, than the observation of the pulse.

十年後、1616 年、William Harvey (1578-1657)は、循環医学の理解に貢献する重要な発展の一つである血液の循環について書き(図 8)。次の内容は医療の歴史上の画期的な出来事となった。

The movement of the blood in a circle is caused by the beat of the heart.

循環による血液の運動は、心臓の拍動で引き起こされる。(Keynes 1978)
Harvey はさらに次のように述べている。：

---

the pulsation of the arteries is nothing else than the impulse of the blood within them.

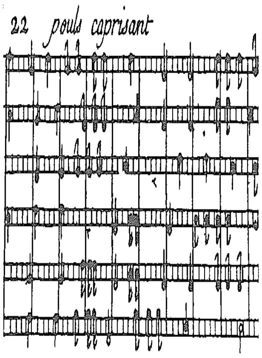
動脈の脈動は動脈ないの脈以外の何物でもない。

彼は発見の 12 年後、1628 年に解剖による検証にてラテン語による 72 ページの本を出版した。*Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* (動物による心臓と血液の運動における解剖学論文)

第二版は英語で出版された。1673 年の第一版英語の二回目の印刷では多くの批判に対して回答を加えている。血圧測定の歴史の時と同じように、その後の進歩も考え方を切り替えて前に踏み出す事が出来ない人達によって阻止された。Riolan はその当時の最も有名な医師の一人あったが、Harvey の発見に対して激しく論争をしかけてきた。(Harvey 1673)

もう一人のロンドンの医師、Robert Fludd (1574-1637)、は 1631 年にフランクフルトで出版されたラテン語の題名 *Pulsus* で本を書いた。Fludd は神秘性に興味持っていて、人間の生理的及び病気の多くの場合は風、星、星座の影響からくると信じていた。彼も、例えば、脈は四方からの風の影響によるとした。彼もまた生涯を通して同僚の医師達に酷評されていた。

図 8 William Harvey (1578-1657), チャールズ I 世に血液循環のデモンストレーションをしている。



他に 2 人について述べる価値があるのは、二人とも Galen 及び Avicenna 後、脈のリズムを表現するため、音楽の尺度を刷新したものを使った。1640 年に Samuel Hafenreffer はウルムで *Monochordon Symbolico Biomenticum* を出版した、そこでは彼は違う脈に対して音階を割り当てている。*Nouvelle methode facile et curieuse pour connaitre le pouls par les notes de la musique,* は彼の死後、1769 年に、脈のリズムと音楽と関係付けて、音楽的記号にて古典的な脈の多くの変化を表している。一つの例は、'pouls caprisant' (図 9); ガレンの'leap of a goat' 飛び跳ねる山羊など。

医師の脈拍時計

William Harvey は脈を時間単位で定義された時間の経過を計測する事に関わったが、1707 年に、Sir John Floyer は正確に一分間で走るストップウォッチを設計し、それによって医師は一分間の脈を数えることが出来た。Floyer は、Dr

Johnson の父の親しい友で、彼の初期の研究の幾つかの出版者であった 1649 年にイギリスの Lichfield で生まれた。彼の本 *The Physician's Pulse Watch*(医師の脈の時計)の序文で彼は次のように言っている:

I have for many years tried pulses by the minute in common watches and pendulum clocks....I caused a Pulse-Watch to be made which run 60 Seconds, and I placed it in a box to be more easily carried, and bthis I now feel Pulses...(Floyer 1707)

医師の脈の時計の導入以来、分当たりの脈レートを数える事が最も一般的になって医療の診察の基本になった。そして、ポケット時計は、ほぼ 300 年間医師の手元の所持品となった。今日でさえ、特殊のポケット時計や手首時計はこの目的のために作られてきた。

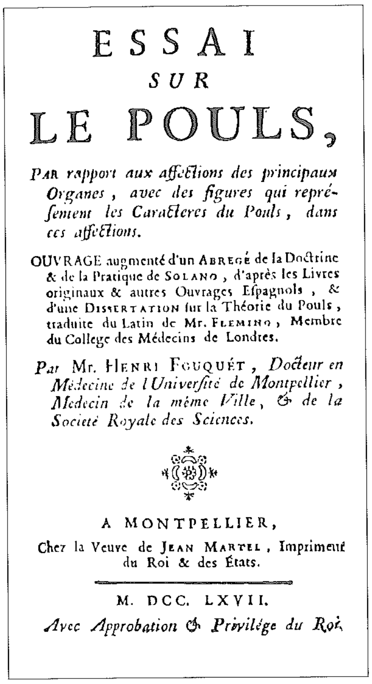
18 世紀の中期、余り知られていないスペインの医師、*Francisco Solano de Luque*,は、*Lapis Lydius Appolonis* (アポロの基準)の題名で膨大な本を出版した。1838 年に生まれ、南スペインのアンテクウェラの小さな町で開業医師をしていた。*Lapis Lydius Appolonis(The Touchstone of Appolo* 試金石*)*は 1731 年に出版されたが、James Nihell と言う名前のアイランド医師、彼もまたスペインで開業医師をしていたが、Salano の研究を 1741 年にロンドンで出版された彼の本の中で英語圏に紹介するまでは、スペインの外部には殆ど知られていなかった。1748 年までに他のヨーロッパの言語に翻訳され、18 世紀の中期には脈に関する本として普及したことがはっきりしている。Solano の格言では、危機に直面したときは身体の自然な反応で、汗かきが増えたり、多尿症、下痢、嘔吐する事で病的体液を取り除くと言っている。体液を失う代りとして脈の変化を引き起し、それが検出され、その結果を予知するのに使った。他の研究者もその'*pulsus inciduus*'は異常な発汗を示し、'*pulsus intermittent'* 'は下痢や多尿症で感じられる。

1756 年、Theophile Bordeu (1722-1776)、Montepellier 学校出身のフランス人で、*Recherches sur le pouls* を出版し、包括的な脈の分類をしている。彼は脈を 'critical', 'non-critical' または'simple critical'と定義した。そして、彼は'gastric pulse (胃の脈)', 'renal pulse (腎臓の脈)',や 'uterine pulse(子宮の脈)'などを describesorgan-specific pulse 脈(器官特異性脈)と定義している。彼は頻繁に彼の本に Nihell を参考にしている。

この当時は、脈や尿は身体の内部を容易に観察する窓であり、初期のテキストの中で尿についての議論はしばしば脈の議論を伴った。彼の *De Pulsibus ac Urinis* 中で、Zumbag(1741)は、長い一連の病気を尿の所見を数ケ所の章に記載しながら、その全体の中で脈と関係付けて表にしている。また、この当時は多くの類似の資料がみられる.

より多くの注釈書や論文が有名なロンドン医師達よって脈について書れた。1758 年に、Daniel Cox は, Middlesex 病院の医師で、*Observations on the*

Intermitting Pulse の題名の本を出版し、それは広く翻訳された。彼は Solano の理論を熱烈に信じていた。そしてもし'intermittent pulse'が下痢がなくても起きれば、便通が始まるに違いない、さもなければその患者には予後不良であると思われている。(Nihell 1741). Cox の同時代に Henri Fouquet (1767)は脈の多くの形の幾つかの脈を掲載した綺麗なプレートを発行した。彼の仕事は Galen によって影響されていて、その刊行物は 1818 年というかなり後で出版されている。彼のテキストの中では Salano, Nihell, Bordeu や、勿論、Galen など多くの先駆者たちを引用している。



ESSAI
SUR
LE POULS,

PAR rapport aux affections des principaux Organes, avec des figures qui représentent les Caracteres du Pouls, dans ces affections.

OUVRAGE augmenté d'un ABREGÉ de la Doctrine & de la Pratique de SOLANO, d'après les Livres originaux & autres Ouvrages Espagnols, & d'une DISSERTATION sur la Théorie du Pouls, traduite du Latin de Mr. FLEMINO, Membre du College des Médecins de Londres.

Par Mr. HENRI FOUQUÉT, *Docteur en Médecine de l'Université de Montpellier, Medecin de la même Ville, & de la Societé Royale des Sciences.*

A MONTPELLIER,
Chez la Veuve de JEAN MARTEL, Imprimeur du Roi & des États.

M. DCC. LXVII.
Avec Approbation & Privilége du Roi.

図 10 Fouquet

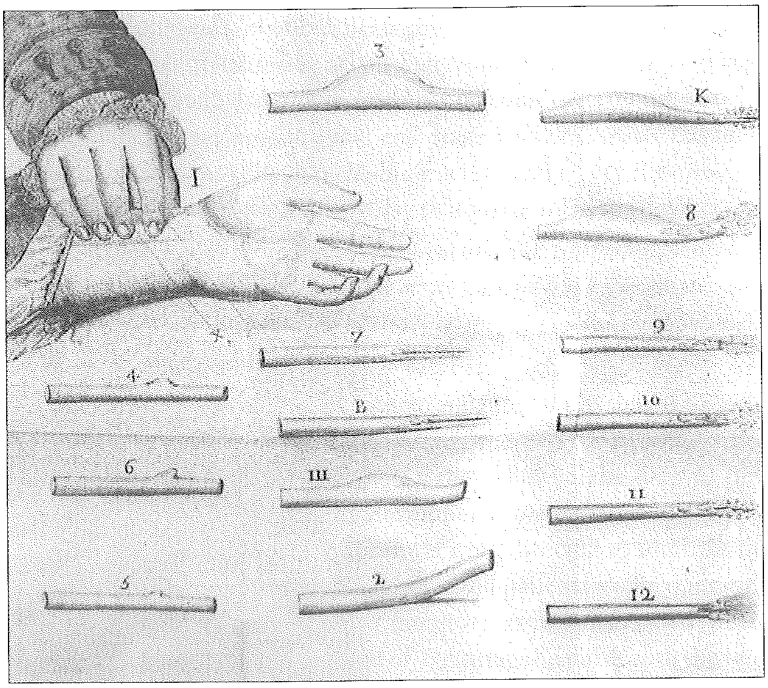


図 11 Fouquet, *Essai sur le pouls* (1767). Plate

ドイツのイェーナに、Christian Gottfried Gruner は, ドイツ人の教授で医療の歴史での権威者、脈拍学では中国やギリシャの仕事を引用しながら、脈の包括的な歴史と文献目録を選定して纏める編集をした。それは後の脈の歴史に関する著者や出版に対して貴重な資料元となった。

Galen から離れた動き

一つの論文が 1786 年、Willan Heberden によって書かれた医者用の RoyalCollege の医学会報として発行され、そこでは脈の小さい変化の差は全く無意味なものだと述べた。彼は生理学的見地から脈のレートとリズムでの変化を説明しながら、Galen 説に強く反論した。もう一人のロンドン医師、William Falconer は正常状態の脈を徹底的に研究し、*Observations Respecting the Pulse* (脈拍の調査:1796)で平均の脈のレートは男性で一分間に 75 拍であると言っている。彼は正常時と比較した場合、発熱の度合いで脈の増えて行ったレートを示す表を作り上げた。これ等の非常に複雑な表は個人の想定された安静の脈をベース

にした基準に対し、ある注目している脈のレートを関連付ける試みたものである。Falconer は女性の脈は男性の脈より速くなると主張しているが、この本の大半は役に立たない表で溢れている。彼は Floyer を繰り返し触れていているが、脈をどの様に数えていたかを述べていない。彼の本はまた医療の我々の取り組みおよび実務で繰り返される偏った行動を反映して、脈のみの信頼を置いて、もっぱら脈の質に依存することから際立って外れている。

脈に関する無数の研究が医療文献で現れ続けた: John Formey (1823)はドイツで伝統的なスタイルの研究; Caleb Hillier Parry (1816)、個々の脈のレートによる動脈の拡張の機構を研究するため動物を使った実験について書いてる。Parry の研究はこの種の探究では最も古いものの一つで、人を対称にした研究ではないがその研究は、より科学的様式で前にすすめた。Julius Rucco, ロンドンで多くの実践を積んだイタリア医師では Galen から Solano までの脈の理論の詳細で長い 2 巻からなる説明について出版している。長編であったが、その脈の理解についての Rucco の貢献は殆どなかった。脈に関するもう一つの仕事(Sachero 1823)はあまり遅いので興味深い。それはラテン語であり、それが盗作されたものでなくても、Fouquet について偲ぶものがある。

19 世紀の中期は、脈拍研究には機械的器具、脈波グラフ計の導入により脈の研究のに特徴付けられた。指による脈の知識、古典的な触診は、この新しい器具の導入されたことで脅かされた。機械的器具に立ち向かった最後の医師の一人は William Ewart (1848-1929)であった。彼はロンドンのジョージ病院の医師で、この新しい方法に反対して Galenic の脈の技術を救うため忠実に粘り強く守った。彼の文献や教本の中で指で触診された脈と脈波グラフ計を関係付けた。彼の 2 冊の本は、*How to Feel the Pulse: Practical Hints for Biginners (1892)*とさらに包括的な *Pulse Sensations (1894)*は*'pulsus inciduus' 'myurus', 'tardsus'*,や大動脈や僧帽弁病を特定する脈について詳細に昔からの脈を説得している。

最後の古典的な出版物の一つに Sir William Henry Broadbent の *The Pulse* (1890)がある。彼は Galen から脈波グラフ計の導入までの課題を記録している。Broadbent は高い、低い血圧を認識し高血圧と末期腎臓病の関連についてコメントしている。彼の本は無数の脈波グラフ計のトレーシングを載せていて機器の周りの論議の観点から非常に啓蒙的な詳述を掲載している。

---

while in this way the physiology of the circulation was elucidated, the application of the graphic method by means of the admirable sphygmograph invented by Marey led to a scientific study of the pulse and to a comprehension of its indications never before posible.

脈波グラフ計の導入は客観的に脈を研究する手段であると医者たちに提案している。初期の器具は重大な欠陥を持っていたが、彼らは新しい方法へ方向を示し、発展の将来への速度を速くしていった。

第二次大戦後、努力は手術室で麻酔された患者の監視している基準を改善する方向に向けられた。簡単なエレクトロニクス脈のモニターが実は脈を数える古い方法にとって代わった。これらの新しい機器の幾つかは、脈と同期して光の点滅を作り出したり、他のタイプはマイクロホンによって、検出された脈拍音を増幅したものもあった。電圧計の原理をベースにした目盛板の上で、針の振れを利用したものであった。1960 年は、脈モニターは黄色の線または発行ダイオードを使ったりオシロスコープの画面上にさえ脈の表示ができた。後に、改良された半導体技術はデジタル表示も出来るようにした。これらの発展は個々の心拍数を最新の一拍一拍の表示や血中酸素飽和度の監視などで、この技術は最高潮に達した。

脈の測定は現在ではありふれたものになって、殆どの運動プログラムがこれらの機器に組込んでいる。ハンドルを握ったり、または手首または胸のバンドを付けて心拍を監視することは、アスレティククラブや他の施設で既に利用できるようになっている。脈を計るため 20～30 拍を数えて、ストップウォッチで校正された手首時計は、高価なクロモメータとして売られている。脈を数える事は我々のあらゆる日常の活動に組込まれて今でも続けられている。残念ながら、我々は脈のレートを健康のバロメータとして利用しているけれど、脈についての質の理解の度合を技術の発展に依存する余り、我々自身の身体を診断の技能が落ち、失われてきている。この研究論文で概要を述べてきた進歩は、高血圧の治療を可能にしてきた意義があったが、残念ながら、もともと発展を導いた身体の検査に対する我々の自信を廃れさせてきた。

この物語の次の段階は脈は本質的に圧を持っていて、圧が変わることは病気と関係していると認識することである。

３．脈波グラフ

医療の実務はそれぞれの時代の科学の発展により大きな影響を受けている。医療とは直接関係のない多くの技術の進歩が病気の検査や治療な非常に役に立つものとなってきた。不正確な医療の検査として 19 世紀まで生き延びてきた触診による脈の検査がその良い例である。測定が簡単にできるようになってたことが、血圧を正確に計る道具を発展させる動機になった。脈の検査を実務で教えた人々は比較するものや、脈の測定の精度について判定できる尺度を持っていなかった。医師の指の触知能力や知覚による評価は脈の大きさを決めたり解釈するのは彼らのたった一人だけ*'modus operandi'*のものであった。適正な技術が利用できるようになってすぐ、脈拍の量的測定については科学的な厳密さによって調べ始められた。脈拍学の技術は 19 世紀中ごろの病気に於ける血圧の量的測定及びその役割についての理解をさらに前進させ脈波グラフの量的測定方法によって完成された。

Struthius は脈を測定し、グラフとして図式化する基礎を敷き、一方、Floyer の医者用の脈拍計によって脈を正確に数える方法を確立させた。これらの革新によって時間が心拍と脈が関係しているという考えの基礎を確立した。

19 世紀の始め多くの新しい革新的なアイデアが現れ、これは基本的な進歩は生理学的機能の研究がなされた時期であった。これらの発展は、実験室で調査された生理学的過程を再現し、グラフィカルに図式化出来た合理的やり方を完成させた。当時では、幾つかの実験は動物で行われため直接の臨床的有用性は示されもなく、または要求もされていなかったが、革新的な進歩における価値は過少評価もされるべきものではなかった。脈の実験室での研究は半定量的脈波グラフに定性的脈波学への移行に進む貢献をした。19 世紀の大半において、多くの有名な生理学者にとっては脈波グラフが研究の中心であった。血圧測定の非侵襲方法は研究室で使われていて、非侵襲機器の探索が続けられていた。

彼らの広範囲な著述には、Hoff 及び Geddes は生理学的な測定に使われ器具の系譜と述べている物の原点を調べていた。彼らは大砲の弾の速度を決める探索は生物科学の分野における測定用の経験的方法及び道具に影響を与えた提案している。1742 年に、Benjamin Robin (1707-1751)は、彼が発明し、実験に使った装置である弾道振子について書いた *New Principles in Gunnery* を出版した。類似の原理は同じころ生理学的測定に採用された。これは確かに戦争のための革新が医療分野で採用された最初でも最後でもないだろう。

19 世紀の初頭、循環の理解は未だに幼年期であった。左心室からのエネルギー又は力は主動脈樹に分散されていると一般的に考えられ、一方、右心房は静脈血液で右心房を満たすのが主な要素である吸引またはその逆作用を引き起こす考えられていた。小動脈レベルでの自律神経機構の制御は循環器の記述では知られていなく説明もされていなかった。初期の道具の設計が基礎に置いていた根底にある原理は、大動脈の膨張が動脈機構内に波を引き起し、その脈の波の力は動脈内の圧力に比例すると考えにあった。血圧を計ろうとした道具は、その性能に期待

するものからは遥かに遠いものであった。殆どは脈の波の振幅を記録するには余りにもお粗末であった。

脈の力を質的なものとして設計された最初の道具は、フランス人、Jules Herisson が 1834 年に紹介された。翌年には、イギリスの医師、E. S. Blundell は Herisson の論文翻訳を出版し、そこには、彼自身の herrisson の道具の改良品も記載している。(Herisson 1835)　また、米国の医師、Joseph Nancrede,はこの論文を同年(Nancrede 1835)に英語に翻訳した。この器具の図(図 12)は、金属の台に固定した目盛付きの簡単なガラス管で作られていて、現在でも存在している。下部の開放された端はなめし皮製の薄い膜で覆われ、それは橈骨動脈の上に置かれ、脈が末梢部で消滅する圧力点まで圧迫した。ガラス管は開いて台のバルブは使用しない時は水銀のロスを防いでいる。Buldell は腕にしっかりと固定するためのホルダーを設計し、パリの P. Garnier による改造品についても述べている。

この目盛の過程は次のように述べられている。(図 13)

The....quantity of mercury being the same for all the Shygmometers, they all have the same properties

---

これはその当時の、恐らく拡張期血圧と関連付た血圧の最も古いオシロメトリック測定である。

Herisson の機器は再度 Naumann にて改造され、彼はその管にアルコールを満たし、インドゴムのホースに自由端を取り付けて、回転するドラムに、その動きを伝達した。(Naumann 1863)。彼の論文には脈のトレーシングしたものも入れ、それは事実上の最も古く初期の脈波グラフ計と思って良いだろう。彼はアームを真直ぐ立て、ゴム膜を支持する水平の丸棒を応用した機器を示した。Herisson の原理は、sphygmoscope (脈波スコープ)と呼んでいた色付きの液体でそのチューブを満たして、レディング(イギリス)出身の Butcher によって使われた。

Herisson は、この当時では sphygmometer (脈拍計)について最も研究していたと言われた際立った一人であるが、この分野には、他にも研究者達がいたこともはっきりしている。機器の技術の検討していく中で、Mergier は'manometre a pulsations de Chelius'(Chelius の脈拍計)は Herisson の機器と同じジャンルの機器であると述べている。彼のレポートの中で、プレーグの医学部の会員であった Chelius は、血流について発生するタイミングに非常に関心をもった。彼は心臓の聴診音についての関心が欠如していると述べ、Herisson の機器で同一と見える胸部の上の心臓のインパルスを観察する機器の使用について述べている。彼はまた心臓のインパルスと橈骨または他の動脈との相関しているインパルス間の持続時間を記録を簡単に出来るように機器を改造した。彼は脈拍計の中で水銀の高さの変化にはっきりと区別できる 4 フェース(層)があると記載し、水銀は呼気時により高く上昇すると書き留めている。彼は腕を包み、Marey の機器に非常に似た水で

満たした装置についても述べている。(図 26 に記載されている) これは実際の血圧を計るよりも、腕の圧縮および膨張のタイミングを計るのに使った。

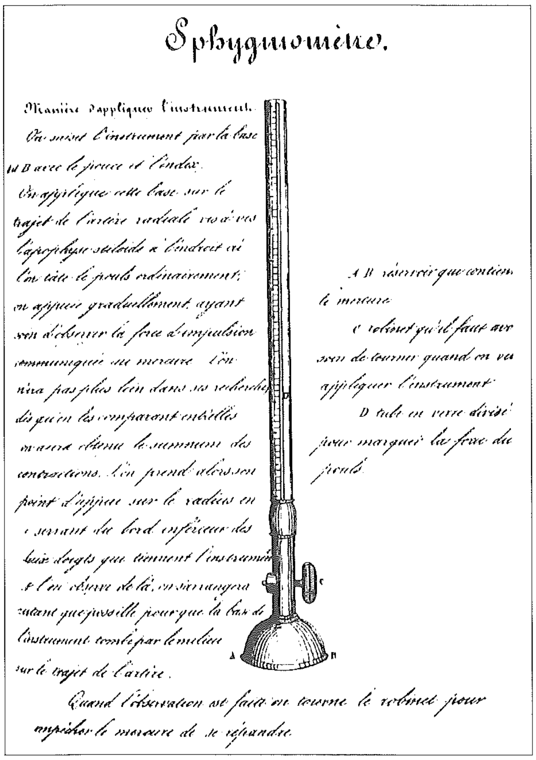
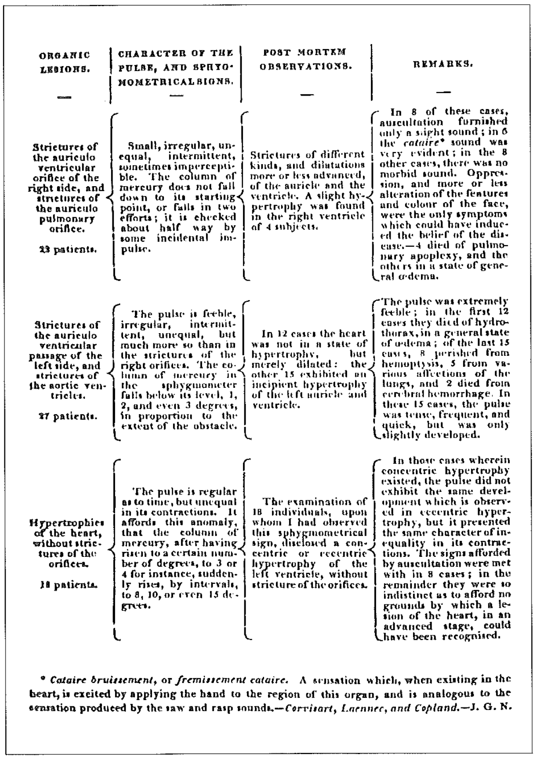


図 12 Herisson の装置



ORGANIC LESIONS.	CHARACTER OF THE PULSE, AND SPHYGMOMETRICAL SIGNS.	POST MORTEM OBSERVATIONS.	REMARKS.
Strictures of the auriculo ventricular orifice of the right side, and strictures of the auriculo pulmonary orifice. 23 patients.	Small, irregular, unequal, intermittent, sometimes imperceptible. The column of mercury does not fall down to its starting point, or falls in two efforts; it is checked about half way by some incidental impulse.	Strictures of different kinds, and dilatations more or less advanced, of the auricle and the ventricle. A slight hypertrophy was found in the right ventricle of 4 subjects.	In 8 of these cases, auscultation furnished only a slight sound; in 6 the *cataire** sound was very evident; in the 8 other cases, there was no morbid sound. Oppression, and more or less alteration of the features and colour of the face, were the only symptoms which could have induced the belief of the disease.—4 died of pulmonary apoplexy, and the others in a state of general œdema.
Strictures of the auriculo ventricular passage of the left side, and strictures of the aortic ventricles. 27 patients.	The pulse is feeble, irregular, intermittent, unequal, but much more so than in the strictures of the right orifices. The column of mercury in the sphygmometer falls below its level, 1, 2, and even 3 degrees, in proportion to the extent of the obstacle.	In 12 cases the heart was not in a state of hypertrophy, but merely dilated: the other 15 exhibited an incipient hypertrophy of the left auricle and ventricle.	The pulse was extremely feeble; in the first 12 cases they died of hydrothorax, in a general state of œdema; of the last 15 cases, 8 perished from hemoptysis, 5 from various affections of the lungs, and 2 died from cerebral hemorrhage. In these 15 cases, the pulse was tense, frequent, and quick, but was only slightly developed.
Hypertrophies of the heart, without strictures of the orifices. 18 patients.	The pulse is regular as to time, but unequal in its contractions. It affords this anomaly, that the column of mercury, after having risen to a certain number of degrees, to 3 or 4 for instance, suddenly rises, by intervals, to 8, 10, or even 15 degrees.	The examination of 18 individuals, upon whom I had observed this sphygmometrical sign, disclosed a concentric or eccentric hypertrophy of the left ventricle, without stricture of the orifices.	In those cases wherein concentric hypertrophy existed, the pulse did not exhibit the same development which is observed in eccentric hypertrophy, but it presented the same character of inequality in its contractions. The signs afforded by auscultation were met with in 8 cases; in the remainder they were so indistinct as to afford no grounds by which a lesion of the heart, in an advanced stage, could have been recognised.

* *Cataire bruissement*, or *fremissement cataire*. A sensation which, when existing in the heart, is excited by applying the hand to the region of this organ, and is analogous to the sensation produced by the saw and rasp sounds.—*Corvisart, Laennec, and Copland*.—J. G. N.

図 13 Herisson の米語

後の、19 世紀の半ばに、殆ど改良されていない類似の機器が他のフランスの医師、Ozanam, Winterniz や Ulzmann 達によって紹介された。なお後になって、1896 年頃、英国の Hill と Barnard が非常に類似の機器を開発した。それは簡単に持ち運びができ、'pocket 機器'として売られた。そのサンプルは博物館や個人の収集物で見られる。(図 A15)

最初の脈波グラフ計

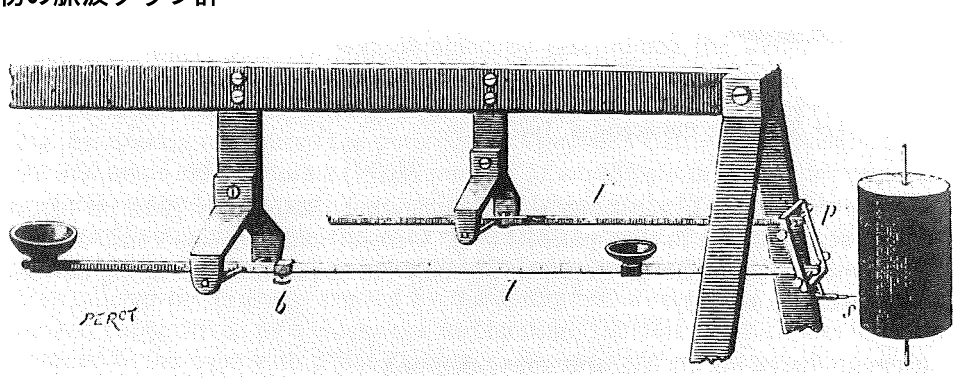


図 14 Vierordt の脈波グラフ計

Karl Vierodt (1818-1884)、チュービンゲンで生理学の教授、脈の振幅を計るのみであったが、非侵襲の方法で血圧を測る意図した器具を 1854 年に記述した。それ

は発明者(図 14 を参照)で'sphygmograph(脈波グラフ)'(Vierordt 1855)と名付けられた。この器具は長さで約 24 インチで、構造も複雑で使い勝手が悪かった。敏感なレバーで接続されているキャップは拍動している橈骨動脈の上に置き、脈はキャップの中に重りを増やしていくと消される。動脈の壁はリズミカルな方法でキャップを持ち上げ、もう一本のレバーに接続されているペンで、ススで覆った紙の上にグラフの記録を生成する。(図 15) Vierordt の器具が記録しているのには dicrotic notch(ダイクロチィク・ノッチ)を示していないことを注目すべきである。動きの悪い構造、使用上の難しさ、や本質的な不正確さにもかかわらず、一人のドイツの生理学者、L. Waldenburg,は初期のこの機器および他の機器で、1880 年に、人に応用した彼の実験ついて書いた本を出した。

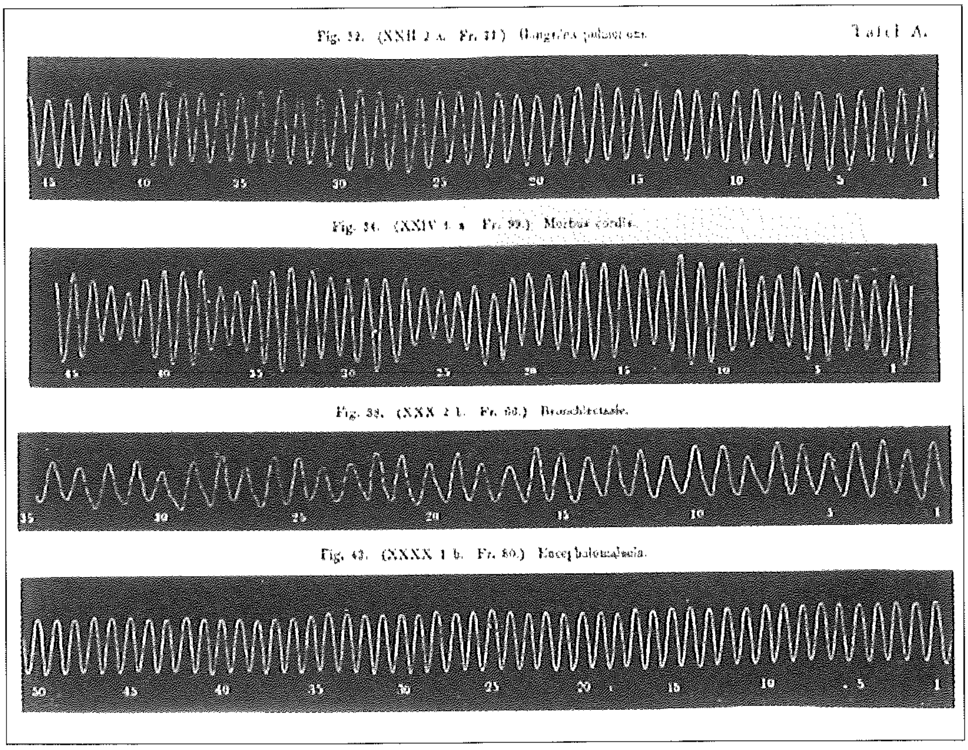


図 15　Vierordt の脈波グラフで脈波を記録している

(Waldenburg 1880). 目盛盤を使って脈拍時計と名付けた、Waldenburg の機器置もまた複雑であった。Vierordt は 5 または 6 フィートまで凝固を防ぐために炭酸ソーダで満たした長いチューブで Hales の実験を再現した。(Vierordt 1855). 類似の器具は Setschenow によっても書かれている。(Setschenow 1861)

図 16. Etienne Jules Marey

現代の脈波グラフ計

Etienne Jules Marey (1830-1904)はフランスのビーネに生まれ、そこには彼を記念した博物館がある。(図 16) 彼は医学を学ぶためパリに行ったが、学位を取った後は不運にも医学の実務には就かなかった。動く映像の開拓した貢献で、彼は映写の父として名声を勝ち取っている。他の多くの興味で、彼は脈の研究に多くの時間を捧げた。まず、彼は Vierordt の脈波グラフ計を使ったが、その動きの'ぎこちなさ'や有用な記録を取るのに使い勝手が悪くがっかりした。1860 年に、彼は自

分で機器を発明し、臨床現場で脈を調べるため新しい世代の機器を生み出した。(図 A4)

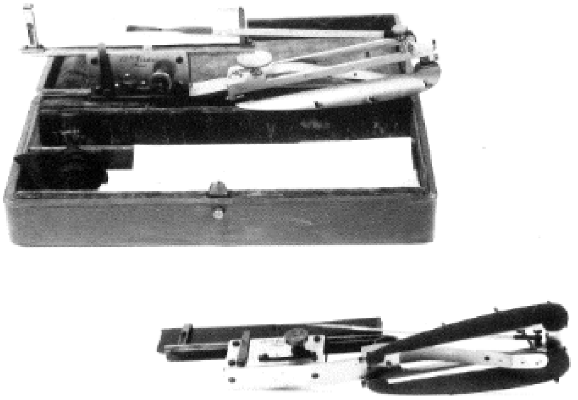


図 A4　Marey 脈波グラフ計

Marey の脈波グラフは恐らく医者達または研究に携わっている人々によって使われた最初の機器であった。それは Marey によって 1860 年に 3 部シリーズの論説で書かれた最初のものである。それはまた量産された最初の器具でヨーロッパや米国で売られた。パリの Louis Francois Breguet は、Marey の脈波グラフ計を製造し販売した企業で､19 世紀の最も有名な科学的器具メーカの一つであった。この機器は真鍮で作られていて、記録するために、両側のブラケットに留められたストラップで手首を固定した。初期のモデルで、ブラケットは象牙で作られていた。軽量のプレート、これもまた象牙で作られていて、橈骨動脈の上にセットする。(図 A4) 動脈壁で作り出された動きが、この象牙のプレートで金属スタイラスに伝えられ、それはススを塗った紙の上に脈動を記録する。このススを塗られた紙は時計仕掛けで動くプレートに固定され、その間、スタイラスは紙からススを引き掻き脈の記録を作成する。(図 17) 後の改良品では、ススを塗ったガラスが紙の代わりに使われた。

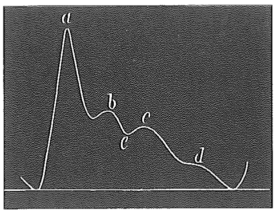


図 17 脈波グラフからのシングル脈波カーブ

Marey の脈波グラフ計はベッドサイドで医師たちによって比較的に簡単に使う事が出来た種類の最初の器具であった。それはフランスだけでなくイギリスおよびアメリカで普及した。Marey はさらに伝達脈波グラフ装置である初期の機器を改良し、そこにあるタンブールはチューブの中のエアーの筒を通してスタイラスの動きを伝えるために使われ、そこでは脈波グラフ計から離れた紙に拍動の記録を可能にした。

Marey はまた血圧の測定のため多くの機器を実験し､それのどれも実用としては使われなかった。彼は血圧を測定する事で、最大の振動が存在している点は、圧力の測定として使えるだろうと示唆した最初の人である。この点を拡張期血圧に対応している。しかしながら、彼はそれが平均動脈圧を示していると誤解していた。

C. Z. Ozanam、脈波グラフの総括的な評価について書いた、Marey の装置は Behier にて改良され、一般的用途ため、より安定し使えるようになった。(Behier 1868), また Baker によって構造を簡単にして改良され､センシングアームの圧を改良するため重りを付けた。(Baker 1867) その他の改造品(Mach 1863) は Mach や Landois によって作られもので、ダブルレバーを持った機器について述べ、それは少し複雑であった。彼は'angiograph'と名付けている。(Landois 1872)

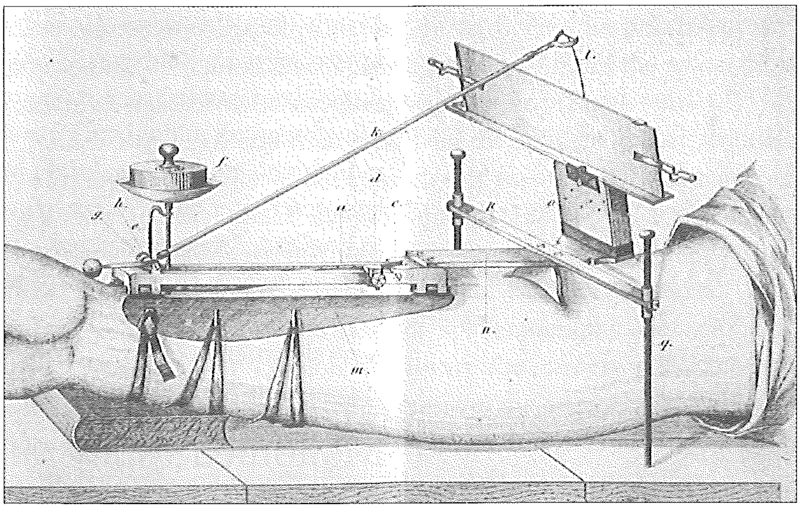


図 18 Sommerbrodt の脈波グラフ計

Longuet は鉛筆を取付た大きな円盤を動かす小さい車輪の上に通した糸を作用させ、橈骨動脈の上のパッド付けた脈波グラフ計について述べた: その鉛筆は時計仕掛けで動かされる紙の上に脈動を記録する。(Longuet 1868) Longuet はその当時は医学研究生で、彼の論文は彼のメンターの M. Behier によって医学アカデミーに提出された。また、もう一つの脈波グラフ計の非常に複雑な改良品は Sommerbrodt によって紹介された。(図 18)

Sommerbrodt の論文は、個々のは測定で使った重さを記録し、無数の脈を追跡しデータを載せている。多くのトレーシングのデータは通常の生理学的変化した健常人から採集したものである。彼の機器の定量的性質は Marey の脈波グラフ計にあった粗い定量的特性を超えた優れた特徴があることに注目された。Marey の脈波グラフ計の Mahomed の改良型は、後で論じるが、加えられた圧を読み取ることが出来た。

英国で脈波グラフ計の使用についての説明は 1865 年、*The Lancet* の中で掲載されている。それはロンドンでの会議の会報のレポートの一部で、Dr Francis E. Anstie は脈波グラフ計を使った英国の最初の医師であり、そこには洗練された・・・正確で非常に美しく設計された機器と述べられている。そして Dr Burdon-Sanderson もまたこの機器を使っていたと述べている。(Ano. 1866) 1866 年 2 月 17 日に、もう一つの報告書が同じ会報に出ていて(Walton 1866)、そこでは Marey の機器で取られた右手の橈骨動脈からの異常な脈波記録を、左手の橈骨動脈からの正常な脈波の追跡したものと比較した。脈波グラフの違いは右腋窩の動脈瘤によるとした。これは英国でこの機器の診断に使用した最初の報告あったようである。後に、1866 年 3 月に、*British Medical Journal* が Balthazar W. Foster of Birmingham (Foster 1866a)によって 2 部に分けて長い論文が掲載されている。Foster は後に、英国で Marey の脈波グラフ計の使用について書いた論文を掲載している。(Foster 1866b). Foster の論文は簡潔であるが、英国に事実上この機器を導入した Foster と *The Lancet* との間の手紙の興味深いやり取りを載せている。我々が注目してきたように、Anstie はこの機器を使った最初の人であっ

たようであるが、Sir John Burdon Sanderson も同じ時期にこれを使ったかもしれない。Autine 自身も続いて脈波グラフ計について数編の記事とまた 1866 年 5 月 26 日と 6 月 9 日付の文通が *The Lancet* 中に見られる。

Mahomed の脈波計

1867 年 J. B. Burdon-Sanderson (1828-1905)脈波グラフ計について数編のレポートを発表し、その論文は *Handbook of the Sphymograph* (Burdon-Sanderson 1867)と題名であった。Burdon-Sanderson および Anstie や多くの他の医師達、機器メーカは脈波グラフ計に僅かな改良を加えて紹介してきたが、Marey の脈波グラフの最も重要な改良品は Guy 医学校の聡明な若い卒業生の F. A. Mahomed (1849-1884)によって開発され、それは彼が学生時代に完成された。彼の最初の論文は彼が卒業する 1872 年に出した。彼は Marey の脈波グラフ計に圧力目盛円盤を追加し、それで橈骨動脈上の圧力は適正値および再現性のある記録を得るため容易に調整できた。(図 A7). 彼の言葉には:

The principal point, then to attain, is the ability to apply the sphygmograph with the smallest possible amount of pressure upon the artery, the tension of the spring being equally slight, to accommodate itself to the feeblest pulse, and then to gradually increase the pressure to the neccessary extent, increasing at the same time the tension of the spring in the same ratio. (Mahomed 1872)

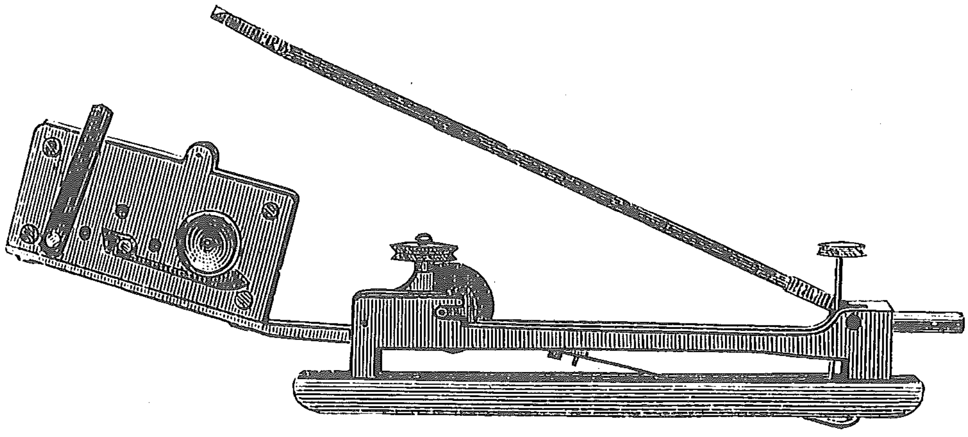


図 A7　Mahomed 脈波グラフ計

彼の後の出版物で、Mahomed はオンス単位で計った脈の緊張度について書いた。これは脈波グラフのトレーシングをベースについて Bright 病(現在の腎臓炎)のような病理学的条件の変化について研究されもので、彼は'アルブミン尿の無い Bright 病'についても書いている。彼は恐らく、我々が今日'本態性'高血圧と呼んでいるのと同じ状態について述べていただろう。(Mahomed 1874). この同じ報告

書の中で、彼はこれらの患者で脈を消すには、かなりの圧が必要とされると注目している。

脈波グラフ計に対する Mahomed の大きな影響は Manchester Royal 病院の Graham Steell (1899)の簡単な論文で証明されている。Steell は自分の本を Mahomed に寄進し、この脈波グラフ計の普及に貢献し、直接触診を好む人々に反対して、この装置の使用を弁護している。特に、半永久的な記録を残すことの重要性を指摘した。Steell はまた Bright 病と高く緊張した脈波グラフの関係に注目した。

この当時の他の著者達もこの脈波グラフ計について報告している: Brondel (1879) は Marey や Mahomed の機器に非常に似ている装置について述べている。また B. Branwell (1880)は心臓の容態の変化を Marey の脈波グラフ計を使って脈に名前を付けてグラフの記録添えて詳細な症例の履歴を示している。

脈波グラフ計の価値について反対の評価は、ロンドンの W. Ewart によってなされた例証ある。Ewart には、「動脈表面の柔らかや固さが血圧の度合いの指標になるかもしれない」との可能性であった。脈波グラフ計がその過程の唯一つのものである述べられている。

Marey の脈波グラフ計は非常にモチベーションのある数人の手元で、特別な道具であると示された。この機器は当時の医師達の間では非常な普及はみられず、その臨床的な有用性は単なるおまけでしかなかった。しかしながら、確立したものは紙の上で脈のグラフを追跡でき、診断目的に採用できたた。その使用は遥かフランスを超えて離れたところに伝わった。例えば、St Petersburg 出身の Koschlakoff はその使用について長い論説を発行している。

実用的装置

1881 年に、Robert Ellis Dudgeon は新しい脈波グラフ計を紹介した。(図 19) この機器はコンパクトで使い易く、皮ケースに収められていた。－a typical objet d'art of Victorianengineering.(ビクトリアン技術の骨董品). この機器は直ちに普及した。(図 A6) : Dudgeon (1820-1904)はエジンバラから MD 称号を得て、ロンドンでホメオパシー(同毒療法)の開業医をしていた。題名 *The Sphygmograph* (Dudgeon 1882)の出版物に彼の機器ついて述べた。ボタンの端のように厚くなっている、金属製の細い片が橈骨動脈の上に置かれ、脈動が巧妙であるが簡単に平衡を取れるシステムを経由してデリケートなスタイラスへ伝達された。そのスタイラスは時計仕掛けで制御された小さいローラーの上を動く、ススを塗った紙の上に脈のグラフを生成した。この機器は小さくて軽量であり、そして簡単に手首に留めることが出来る。ちょっと見ると、この機器は複雑でデリケートに見えるが、かなり頑丈で実用で充分使える。

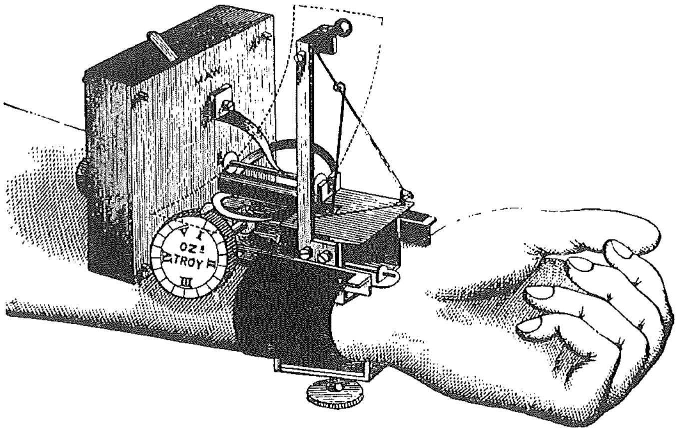
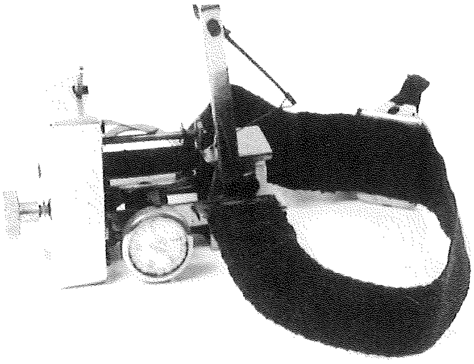


図 19 Dudgeon の脈波グラフ計

後に Jaquet (図 9)によって発展された脈波グラフ計はかなり似てはいたが、かなり重く、高さもより高い設計になっていた。それは紙の上に時間マーカーの付いた脈のレートを記録し、それは秒あたり 7mm の速度で動く。この時計の導入は最も革新的なものであった。(Jaquet 1908) そこには数種類のバージョンがあり、簡単な脈波グラフから複数の記録をするため一つまたは二つのペンを付けて複雑さを増したものもある。(図 A9; A66). 引用文に述べられている後の機器は脈のみだけでなく外部追加マーカに接続された上腕カフからのオシレーション(振動波)を記録するように設計されていた。(図 A66)

図 A6 Dudgeon 脈波グラフ



コレクションの中の Dudgeon の機器または彼らの改造したバージョンの多くは、今も良い状態で動いている。Dudgeon の脈波グラフ計は医療機器のコレクション、アンチークやオークションでこのタイプの機器に最も出会う機器であるので、非常に普及したタイプである。Dungeon の論文は脈波グラフ計の歴史の序文には最も注目すべきコメントを載せている。ギリシャの生体解剖学者 Herophilus について述べて彼は言っている;

From a vivisectionist point of view it is perhaps disappointing to think that the only physiological discovery of Herophilus made, from all these hundreds human vivisections, was that arteries pulsated, but he did not assertain what the arteries contained ...Every unprejudiced mind must allow that the discovery that human vivisections, for discovery has been of incalculable use to been equally well made by applying the finger to the wrist; but then there are always unreasonable people to find fault with the methods of men of science.

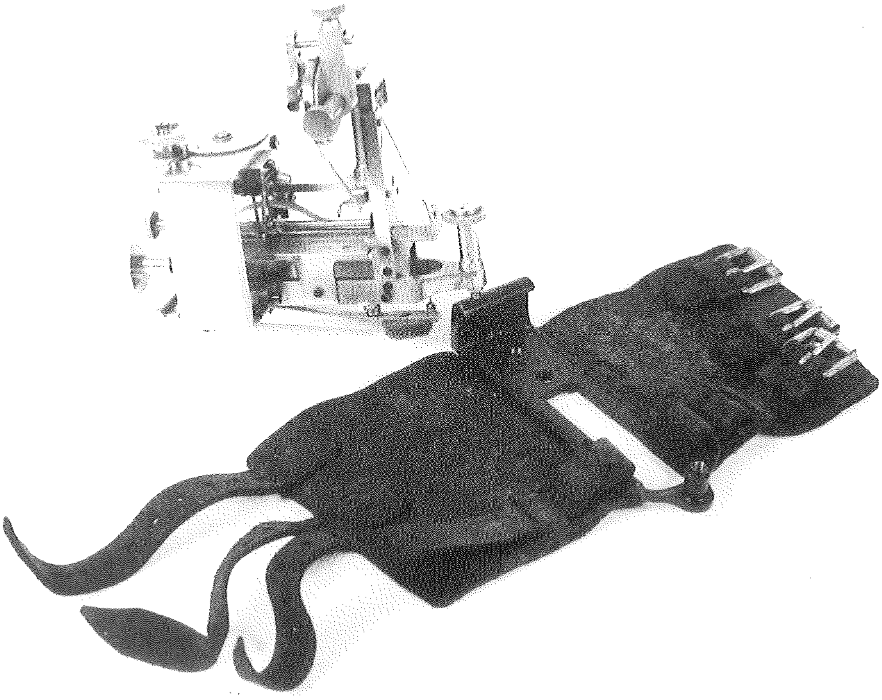


図 A66. Jaquet sphygmo-cardiograph (脈波-カーディオグラフ計)

人はそれは少しは皮肉的であるか、この文脈から決めるのは難しいと望む。

脈波グラフ計の興味ある改造が英国の外科用機器メーカ、Maw, Son and Son によって紹介された。彼らの機器は長さ僅か 2.75 インチで市販のため作られたそれまでに、最も小さい脈波グラフ計であろう。(図 A10)

B. W. Richarson の改良型は重要であり(図 A8)で実用上からその時代の多くの研究者よって大変評価された。マイクロホンが発明されて 1 年も経たない間に、彼は、*Sphygmophone* と呼んで、脈音を作るためこれを使用した。重りをスライドする機能を加えて Dudgeon 脈波グラフの性能を著しく改良された。彼はまたススを塗った紙を動かし、同時に紙の上に平行線を描くノッチ付のアウトローラー(車輪)を紹介した。これは脈が記録される時、同時にトレーシングの高さを測定出来る。(Richardson 1885)

脈波グラフ計に対して最初のアメリカ人としての貢献は、Herisson の論文とは別に、Edgar Holden (Holden 1871)によってなされたようである。彼は 1868 年に記録する大きな装置を付けて発明した機器と無数のトレーシングについて述べている。彼はダイクロチィクノッチの特性と心臓弁膜症との関係に注目していた。続けて、Holden は血圧に注目していることを 1874 年に出版した本の中で彼の実験述べている。しかしながら、高血圧についての考えは彼には気付かなかったようである。彼は血液を満たす変化の度合いは血管の中の圧の変化によるとした。

Holden の脈波グラフは手首でストラップで留める必要はなく、かなり素早く記録することが簡単で、構造的にも優れていた。(図 20). 脈波グラフに関する彼の小論文は 1873 年に'ニューヨークの医師、外科医の大学から Stevens Triennial

賞'を得た。彼の論文のテキストは 290 イラスト(図)が載せされている。病気の広範な変化には無数の脈の特徴があるとしている。この機器のサンプルは最近まで存在していたということは無いようである。

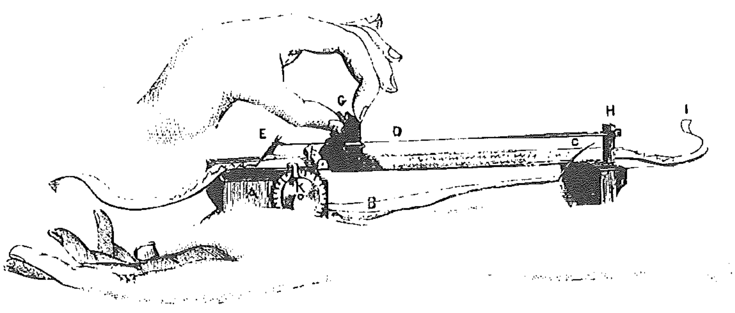


図 20 Holden の脈波グラフ計

Holden はまた脈波グラフ計の動きを試験および証明するため心臓および毛細血管の動作に代るシュミレーターになる装置を設計した。彼はこの本の中で、'全ての測定者は動脈を圧迫する適正な圧力にして、直ちにその圧を正確に記録する幾つかの手段が必要と感じていたと述べている。しかしながら、彼は:「動脈の緊張の度合い、またはそれをもっと明確に表現するとか、動脈の中の血液の貯蔵量によって、我々は静脈の中の血液の量、毛細血管の伝導する力、心臓の状態を推測できる。」と言う意味を誤解している。

もうひとつの米国人の機器、Pond の改良型脈波グラフ計は 1879 年に市販された。(図 A5) それは手首を乗せる台を添えた大きな金属製の機器である。金属製のボタンまたは延長された bulb(球)は肘前窩の動脈または橈骨動脈の上に置かれた。脈波機械仕掛けのレバーとスタイラスにて伝えられ、それは石英のススが塗られた帯に書かれ、時計仕掛けで一定の速度で動かされた。我々はその発明を記載している発表された記事の証拠を見つけることは出来なかった。ほんの数例の Pond の脈波グラフ計がコレクションの中に見られる。一つは、非常に優れた状態で、Manchester 医学学校の博物館で見られる; もう一つは図 A5 に示す。両方ともユーザのために詳細な取扱説明書添付されている。

1879 年に、T. A. McBride による論説では Pond の機器と Longuet(McBride 1879; Longuet 1868)の機器の間の類似性についてコメントしている。Pond の機器は巻頭の題材から、それは明確には 1878 年か 1879 年の日付になる。McBride は '脈波グラフの最も重要な用途の一つは血液の緊張の度合いを指摘している'と述べている。彼は波の頂上から大動脈ノッチの底まで線を描いて圧力を見積もる Mahomed の方法を引用している。(図 17) もしそのカーブが上を向いた凸面であれば、それは高い血圧(最高血圧)を暗示していると述べている。Marey, Mahomed および Pond の 3 種類の脈波グラフ計が当時は特に関心を持たれたものであると述べている。血圧に関して、彼は「緊張すると、その衝撃はは干潮波とは明確に識別され分離される。時々、それは心臓の力を失って、収縮が弱弱しくなって消えていく。緊張は動脈を収縮または緩和した状態であるであろう。; 上への動きは短いか高いかであろう。」と述べている。彼は機器を使用して採用された圧力の知

識はこれらの要素を評価するのに重要であり、機器の有用性を支持するものだと主張し続けた。

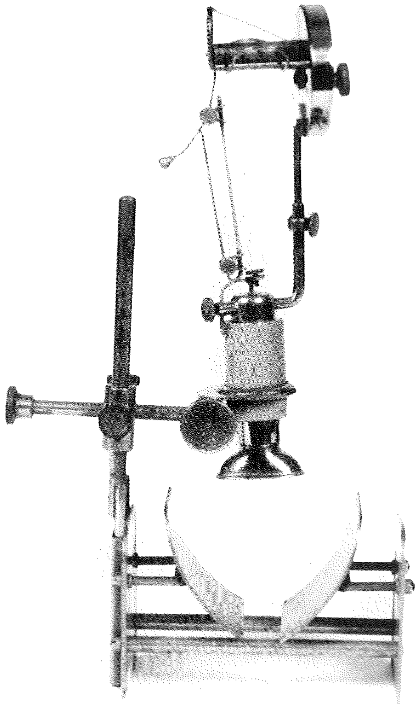


図 A5. Pond の改良された脈波グラフ計

彼の短い小論は明確に血圧の評価に脈波グラフ計を使って、その使用仕方の歴史的発展の基での果たした役割、さらに高い血圧についての理解を示唆している。

一群の脈波グラフ計に属しているもう一つの機器は、英国の医師 Mortimer Granville によって紹介された。これは紙の上に時間スケール(目盛)を付けるメカニズムを持った小さい装置である。Granville の脈波グラフ計、そのようであるが、それほど普及はしなかった: そのサンプルの一つが Wellcome 博物館にある。

英国で心臓病学の発展で重要な役割を果たし、彼らの研究で脈波グラフ計を使用した 2 名の医者は Thomas Lauder Brunton (1844-1916)と James Mackenzie (1853-1925)であった。それは大々的に改良された Dudgeon のものを使い、その後自分自身で考案した使ったのは Mackenzie で、その Mackenzie のポリグラフ計は、遠隔の記録する機能付きのドラムと最初のインクポリグラフ(Mackenzie 1902)を使用していた。(図 A64 と A65)

脈波グラフ計(記録器)の衰退

19 世紀の後半中は脈波グラフ計は半定量としての方法で存続し、また前世期の終わりごろでさえ、多くの医者達は脈波グラフ計より触診を好んでいた。彼らは長い見習い期間かかって学ばねばならなかった身体の診断に専念し続けた。1905 年 *British Medical Journal* は、脈波グラフ計の使用を非難して、「我々は五感および感覚の鋭敏さを貧弱している」懸念を表明している。著者は疑いもなく現代

の科学技術の発展にともなって身体を診断する技能が失われていくことを心配していただろう。しかし、実用的な血圧計の開発は差し迫っていた。

他の脈波グラフ計も、まだ、Fick や Zadeck, meurisse, Mathieu, Grunmach, プラハの Rothe, アテネの Philadelphien, や他の多くの人によって紹介された。これらは、論評を添付しながら、パリの医学アカデミーの図書館員、測定のための多くの発明について詳細な歴史を加えて脈について広範囲に及ぶ教書の中で述べている。

恐らく、50 年間にわたっての多くの研究者達が彼ら自身改良を紹介したのは、脈波グラフ計の一般的な欠点についての知っていたことを示している。

Max von Frey は、Vierordt の所で働いていたが、1892 年になっても脈についての包括的な論文を出した。(von Frey 1892). この本は彼の先生の E. von Brucke と C. Ludwig に寄贈して、当時の脈拍に関する標準的な研究の一つとして確立されるようになった。彼は自身の機器を紹介し、また利用できる他の機器の幾つかの詳細な記述と作用機序なども記載されている。彼は'tonograph (トノグラフ)で血管の伸縮性を見積もるために多くの改良を加えたことも書いている。彼の研究論文は脈の聴診を専念した項目があるのは珍しい。

根気よく脈波グラフ計を使用して図式化されたのはライデンの Francke によって 1900 年に出された論文にある。Mackenzie の脈についてのテキストブックは 1902 年に出された。(Mackenzie 1902) そして脈波グラフの追跡(トレーシング)から血圧の理解するために完全に脈波グラフに没頭した。脈波グラフ計は 20 世紀に入っても機器メーカによって販売し続けられた。

変遷

血圧計は 20 世紀の早い時期に、殆どが確立されていたが、脈波グラフや脈拍計(これは再度後で出て来るが)はこの注目する時代においても、使用に執着された。Verdin of Boulitte 機器からのカタログ(Boulitte 1923)は Pachon と Riva-Rocci の血圧計を載せているが、また Potain と Bouloumie の機器、Bloch の脈波計, Marey, Dudgen や Jaquet の脈波グラフ計も載せている。

もう一つ興味ある注目は、これらの機器の開発に国柄の傾向がある。フランスはこの分野に多くの貢献し、ドイツや英国もその後を追従した。米国は血圧計が始まるまでは、比較的に大した役割はしていないが、その後は多数の貢献は文献の中に見られるようになった。米国では脈波計や脈波グラフ計の興味はあってもたいしたことはなかった。我々の手元には Pond や Holden の研究や Herisson の研究についての Nancrede の翻訳があるだけである。脈そのものについての関心は普遍的なものであるが、世界の他の地域では殆ど報告されたものが無いと言ってもいいくらいである。

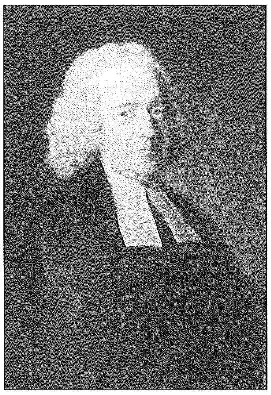
4．1896 年までの血圧測定

19 世紀の最後の 20 年間、多くの研究者は脈波グラフ計の限界に気付いていた。脈波グラフ計は有益な情報を与えてきたが、保守的な専門家はその技術に疑惑を持ち続けていてが、徐々に近代的な材料や技術を組込んだ新しい世代の機器で置き換えられていった。最も劇的変化は 1896 年に Riva-Rocci の上腕カフの導入にて起きたが、血圧を計る方法は同時に脈の質を上げる方法のを開発して行った。

17 世紀の初頭、Giovanni Alfanso Borelli (1608-1679)は,ピサで数学の教授の職、心臓と循環の研究で流体力学の考えを導入した。血液の循環は、充分受入れられていないまでも、Harvey の文献が 1628 年に出版されて以来、充分ではないが理解はされるようになってきた。血液循環による力または緊張度を計る研究は血行動態の理解が深まる事によって刺激された。

最初の血圧測定

直接動物の血圧測定をした歴史的な最初の人物は Stephen Hales (1677-1761) で、この牧師は科学に興味を持っていた。(図 21) 彼の植物学の研究ついては植物の生体に重要な貢献した。1733 年に、彼は *Statical Essays* の第二版を出版し、そこには'Haemastaticks' (止血)の項を加え、恐らく 1707~1711 年頃、その中で彼が行ってきた詳細な動物実験について報告している。これ等の実験中に、彼は馬の頸動脈にカニュレー(管を挿入)して血圧を計っている。以下の文脈がその有名な実験の概要である。；

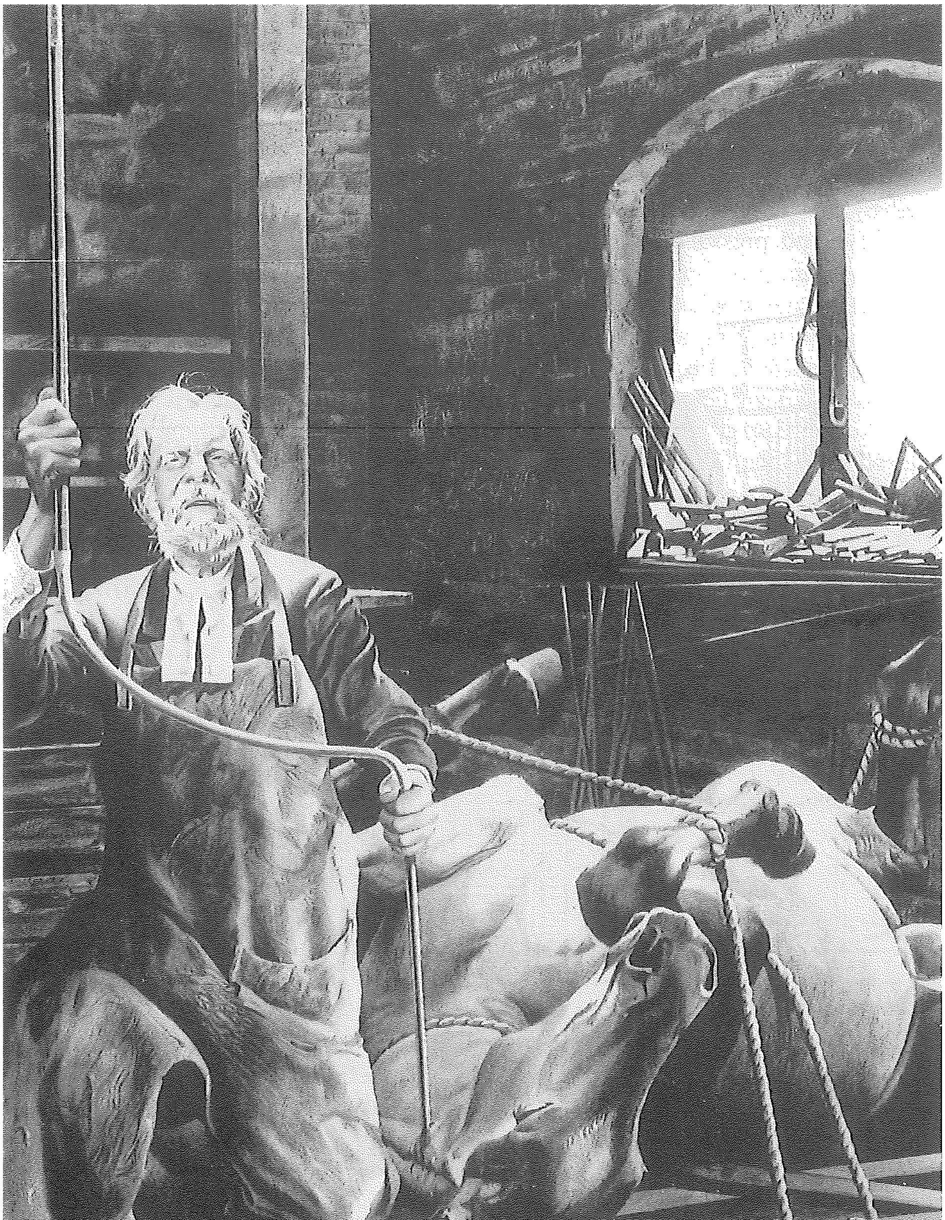


Stephen Hales

In December I caused a mare to be tied down alive on her back; she was fourteen hands high, and about fourteen years old; had a fistula of her withers; was neither very lean nor yet lusty; having laid open the left crural artery about three inches from the belly, I inserted in to it a brass pipe whose bore was one sixth of an inch in diameter. I fixed a glass tube of nearly the same diameter which was nine feet in length: then untying the ligature of the artery, the blood rose in the tube 8 feet 3 inches perpendicular above the level of the left ventricle of the heart, but it did not attain to its full height at once; it rushed up about half way in an instant, and afterwards gradually at each pulse, 12, 8, 6, 4, 2 and some time I inch: when it was at its full height, it would rise and full at after each pulse 2, 3 or 4 inches; and some times it would fall 12 or 14 inches, and have there for a time the same vibrations up and down, at and after each pulse, as it had, when it was at its full height; to which it would rise again, after forty or fifty pulses. (Hales 1733)

Stephen Hales はその実験を事細かく記録した。減少が引き起こされる間の血液の引く量と時間間隔を表に記録している。この実験の目的は血圧によって血液の徐々に減少する影響を見出すことであった。実験の最後には、彼は検死を行って気付いた事を詳細に記録している。彼は血管は血液の減少に比例して収縮したことを観察した。それは、結果としては血圧が下がっていくことになったが。

Dudgeon と同様に、ここでも倫理的論評が適用されている。今日の倫理観で 200 年前の人を判断することは適正でないかもしれないが、馬や他の動物を生体解剖に多忙である聖職者がいたと言うことは事実である。そこには動物に負わせた痛みや苦痛についてこの本の中に何も記載していない。彼はこの紹介記事に以下のように述べている。



Reverend Hales の馬による血圧測定のデモンストレーション

HANDBOOK OF HYPERTENSION Volume 14 E.O'Brien and K.O'Malley から

I endeavoured about twenty five years since by proper experiments, to find what was the real force of the blood in the crural arteries of dogs, and about six years afterward I repeated the like experiments on two horses and a fallow doe; but did then not pursue the matter any further, being discouraged by the disagreeableness of anatomical dissections.

18 世紀は脈拍を触診するのことが中心であった。注目すべきは、は血圧測定を一歩進めるにはほゞ100 年間が過ぎて行った。

The haemodynamometer (血圧計)

19 世紀初期の多くのフランスの生理学者達は先鞭をつける発見に携わっている。その一人が Jean Leonard Marie Poiseuille (1797-1869)でパリで生まれた。エコールポリテニックを卒業した後、Poiseuille は 1828 年 10 月 8 日にパリの医学部に博士号のための論文を提出した。(図 22) 彼は 0～240 mm まで目盛を付けた簡単な U-型チューブ(管)を使って、その物差しは現在でもまだ使われているが、血圧を計るために水銀圧力計を使った最初であると記録されている。この器具は haemodynamometer (血圧計)と名付けられた。(図 23) そして、この論文はパリの医学のロイヤルアカデミーから Poiseuille に金メダルが与えられた。彼は犬や馬に 2mm 位の動脈管腔(管状の器官)にガラス管を直接刺して行った実験にその器具を使った。彼の実験では血液の凝固を防ぐため炭酸カリュームを使用している。彼は Hales の論文について言及しているが、それは Poiseulle 自身が注意深く調べているもので、Hales は圧を計っている血液の筒の上における呼吸運動の影響について説明していないとコメントしている。また、Poiseulle は Bernoulli(Daniel)がこの手抜きされた誤りがある Hales の幾つかの研究をベースにしてきたことについてもコメントを下しているが、Bernoulli の研究にあきらかに影響を受けいてる。この論文の始めに、彼は'年齢、性別、体質、特異体質、覚醒状態、睡眠状態、運動、安静、健康、病気や感情の全てが血行や心臓の活動を変えることに注目している。' (Posiseulle 1828)

Poiseulle の重要で、恐らくより偉大な功績は管(チューブ)の中の流れを記述する法則を導いたことである。この最高の仕事は 1840～1843 年の間に一連の論文として出されている。彼は自分の研究室で、内径 0.013 - 0.65 mm の管の中の液体の流れを調べるための制御された実験を実施した。この研究の実験的証明は、数学的計算に基づいていて、管の中で液体の流れを制限している物理的なファクターの関係にて述べている法則を導き出していることである。彼が求めた方程式は管の中の液体の流量はその管と管の直径に沿ったその粘性、圧力で決められると述べている。それは数学的に次のように表せる。:

$$Q = k(\frac{D^4 p}{L})$$

ここではQは単位時間に放出される体積、kは定数、pは管の両端でのmmHgでの圧力差、Dは直径でLは長さである。この方程式は次の式に改定されてきた:

$$V = dP.r^2/8.\eta l$$

V = 流体の流れの速度; dP = 2点間の圧力差; η =液体の粘性:

l = 管の長さ.

歴史は2名またはそれ以上の人々の研究が、かなり類似の結論に到達してきた多くの例である。Gotthilf Heinrich Ludwig hagen (1797 - 1884), ドイツ水力学の技術者、もまた同じ現象を述べ、独立してPoiseuilleと同じ数学的結論に達していた。彼は1℃～15℃まで温度を変えて2.5-6.0 mm径の真鍮の管を使った。Hagenは1839年に、Poiseuilleより一年前に、管の中の水の流れを制限しているファクタについて説明してこの発見を発表している。(Hagen 1839). Hagenの研究はPoiseuilleより包括的で、さらに、流体の流れを保存するため必要とする運動エネルギーに必要とする修正要素もあった。しかしながら、Hagenの計算の中で測定単位として古いプロイセン単位を使っていたため、彼の研究が人目につかなく、長い間気付かれなかった。もともとは、この法則はPoiseuilleだけの名前になったが、この記録はW Ostwaldにて綿密に調査された出版物の中で、1925年に、この発見はを両研究者に帰属すると訂正された。それで、現在は、Hagen-Poiseuilleの法則として呼ばれ、以下の方程式で表されている。:

$$Q = \pi r^4.\Delta P/8\eta l$$

ここで、Qは流体の流量レート、ここでは管の半径の4乗と差圧に比例し、一方、管の長さと流体の粘性に逆比例する。この方程式を、例えば循環システムの中の血液の流れの条件に置換えて解釈すると、以下のように表される。:

$$R = 8\eta l/\pi r^4$$

ここではRは血管内の血液の流れに対する抵抗を表し、血管の長さと血液の粘性に直接比例し、血管の半径の4乗に反比例する。言い換えれば、この法則が循環に適用される時、血管の直径が血液の流れ制御するのに最も重要な要素として左右する。直径の4倍の増加は256倍の流量増加となる。さらなる基本的方程式の誘導、Hagen-Poiseuille法則は、また、圧力(P), 流量または出力(Q)そして抵抗(R)の関係に適用でき、次のように表せる。:

$$P = QR$$

この方程式は心臓の出力や末梢の抵抗の循環の測定に使われている現代のモニタのための基本になっている。この便利なオームの法則によるアナログ関係は臨床および実験医学においても有益な無限の用途を築いてきた。このHagen-Poiseuille 法則は血液の循環を理解するための基礎として役にたっている。

図24 Carl Ludwigに与えられたメダル

Poiseuilleの血圧計は、発明された後短期間の内にスコットランドの医師によって研究室で使われた。1839年、J. Blakeは動物の血圧についていろいろな材質の

効果を説明するため詳細な論文(Blake 1839)を出版した。それは科学的情報が、通信手段が徒歩、馬または船であった時代に、如何に素早く配布されたかを知ると驚きである。さらに、この当時、科学者は特許を得るよりも彼らが発見したものを共有するのにより関心があったこともある。

その後まもなく、Magendie は真直ぐ立てた管の狭い穴に連結された大きな径の水銀容器を導入して圧力計の感度を改善した。(Guettet 1850).

19 世紀の中期は激しい活動期の時代で、ヨーロッパ大陸の人々は同時発生的に、血圧測定の問題について研究していて、それを正確な歴史的な順番で発展を記載する事を難しい。次項の出来事は論理的な順序で、必ずしも年表的な順序で記載はしていない。

Kymograph(キモグラフ) (血圧などの波形曲線記録器)

Carl Frederick Wilhelm Ludwig (1816-1895)はウィッツェンハウゼンの小さい町に生まれ、マルデブルグ大学に通って、そこで 1842 年に教授になった(図 24). ここで、彼は 1842 年に生理学で、グラフィカル記録する革命的な道具: キモグラフ、を紹介した。彼は Poiseuille の U 字型水銀計をキモグラフに接続し、最初の血圧のグラフィカル記録を取った。彼は 1847 年に彼の研究結果を発表している。(図 25)：

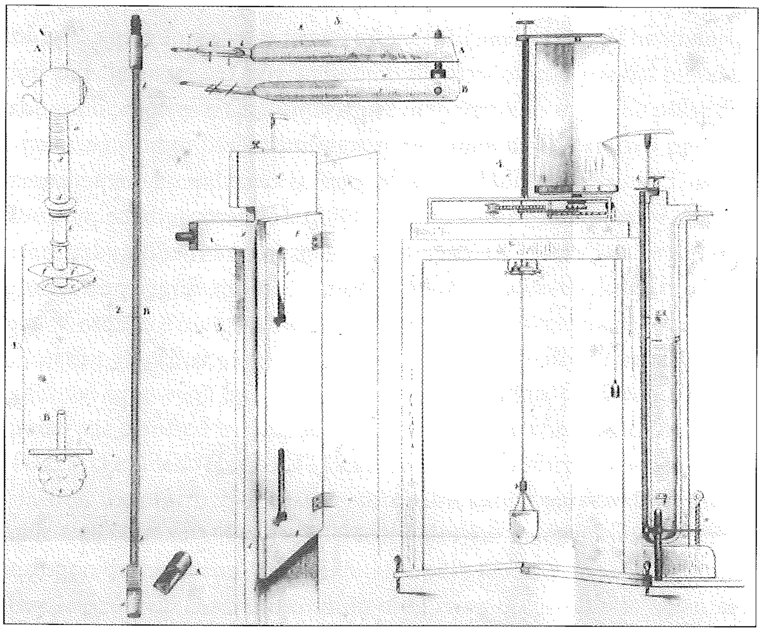


図 25 Ludwig のキモグラフ計

To obtain reliable under all circumstances by means of [Poiseuille's manometer] and, at the same time, time determinations for the duration and course of defferent pressures, one places the rod-like float on the mercury, puts on the upper end a writing-point, and lets it draw the variations in pressure on a surface, which

moves by constant-velocity. In this way one obtains curves, the hight of which is a measure of the blood pressure, and the width an indication of time.(Lombard 1916)

Willian Stirling 教授は、Ludwig の学生、以下の文の中で、この機器の意味を纏めた。

Ludwig had the genius to cause the float to write on a recording cylinder, and thus at one coup gave us the kymograph or wave writer, and application of the graphic method in to physiology. (Stirling 1902)

Ludwig のキモグラフはススを付けた紙に幅広い生理学的機能について半永久的な記録することを可能した。それが実験的な生理学における新しい時代の幕開けになり、様々な形で、今でも生理学的な研究室で使われている。動物は Ludwig の研究室では幅広く使われた－しかし、それは厳格な行動規範のもとで－彼は 20 年間動物虐待防止の協会の会長であった事がこの生理学の偉大な先生の人間性を示している。

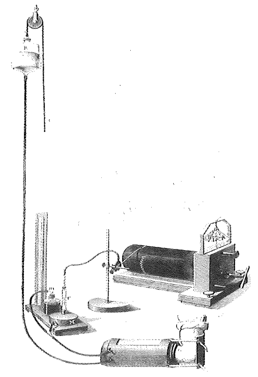


図 26 Marey の血圧装置

もう一つの生理学的記録に対する試みは、非常に実用的ではないが、ドイツのグレイフバルド大学で生理学の教授をしていた Leonard Landois によって行われた。彼は脈波グラフ計で脈を研究し、'angiograph' (アンジオグラフ)と名付け、彼自身の設計の機器を紹介した。(Landois 1872; 1974) 彼の最も大きな関心事は脈波の dicrotic(ダイクロチィク)成分にあった。それは Landois が、その事実を証明する簡単な実験を行うまでは、多くの人々は体動であると考えられていた。(Stirling 1902) 彼は動く紙の上に直接グラフィック描写させて、動脈血液を動物の中サイズの動脈から流すようにして脈波を記録した。この記録は'haemautogram'または'auto-sphygmogram'と名付けられた。Landois より永久記録に対する Ludwig's の試みは、明らかに、生理学において有力な道具になった。

血圧の直接測定

動脈血圧測定の直接法は四肢の切断中に外科医によって使われた。この方法は M. Cheveau と一緒に研究していた、フランスの外科医、リヨン出身の Jean Faivre によって最初に報告された、彼は 1856 年に、Poiseuille のものに似ていて、基本は水銀で満たした U 字型管を使って、切断している最中の動脈血圧を計った。Faivre は Poiseuille, Ludwig, Spengler や Valentin の研究と動物に制限されている理由で、その限界を言及している。彼は Poiseuille の機器が人の切断中(手足等)に使えるようにどの様に改良されたかも述べてもいる。彼の最初の実験は肘の慢性組織傷害を持つ 60 歳の男性であった。彼の 2 回目の実験では、30 歳の男性の大動脈を使用した。その論文では、大動脈の血圧を見積もる試みであった。面白い事には、彼は大動脈血圧は、全ての人で同じで 102 mmHg であるとした。これ

らの初期の研究は人間の血圧平均レベルを構築するのに役にたち、それらレベルは病気持ちの血圧の変化と関連付けたことで非常な価値がある。

もう一人のフランスの外科医、E. Albert, は 1883 年に、直接血圧測定により包括的なデータを出版した。彼は足を切断している患者の前脛骨動脈の血圧を見積もった。彼のデータは 100 から 160mmHg の範囲にあると記録した。(Albert 1883). この報告書では、彼は動物と人間の両方の血圧の測定について述べている。

直説法によって血圧を測定するのは臨床的応用に限界があるため、19 世紀中の多くの研究ベースした実験生理学者達は非侵襲法の開発に向けて専念した。再び、Marey の研究はこの流れの中で、重要な役割を果たしている。彼は動脈にカニューレする非実用的要請を排除するため、血圧を測る間接的方法を考案した。(Michaelis 1966) この根底にある原理は脈が消えるまで少しづつ外部圧を加えて動脈血の流れを遮断して止めていった。(Marey 1878) この方法で、必要とされる外部圧の量は動脈圧を間接的に見積るものであった。これは全ての将来の非侵襲装置の基礎である基本的な原理であった。Marey によって考案された最初の装置は大きく、複雑で扱いにくいものであった。(図 26) 腕は漏れ防止したケースに包まれて、水でみたされ、高い位置に置かれている水の容器に接続された。ケース内の圧はタンクを上下に動かしながら調整された、そこでは、脈が消えるのは触診にて検出された。その代りとして、ケースの窓は動脈の流れが遮られた時、血色が無くなって白くなっていく状態を観察することで可能にしている。ケースの中の圧は水銀圧力計から読まれ、グラフの記録は動くドラムを使ってススを塗った紙に描がかれた。オシレーション(振動)がドラムの上で記録され、最大のオシレーションが発生した点を血圧の測定として取られた。水の使用は後に空気に代えて廃止された。

Marey は、さらにこの装置を 1876 年により小さいバージョンに改良し、'the shygmoscope 脈波スコープ'、そこでは、単に一本の指のみが使われた。(図 27)(Marey 1878). これは実用性からはほど遠いものであり、Mosso によって数本の指を使って幾分より有用な装置に改良された。Angelo Mosso (1846-1910)はパリの Marey の研究室で働いていたイタリア人であった。彼はいろいろのプゼクトで Carl Ludwig とも一緒に働き、多くの共同研究論文を出した。彼は数本の指の脈波グラフの記録を取るため締め付けれるようにした装置を紹介した。Marey の機器は、一本の指を使ってるのみで、感度が悪く、複数の指を使って信号を大きくする Mosso の考えを刺激した。(Mosso 1895) 類似の試みはその後も擁護され、20 世紀にいって'tonometry トノメトリー'として続けられた。Mosso はイタリアに帰り、チューリンで教授職に就いたあと、血圧の研究にさらなる貢献をした。

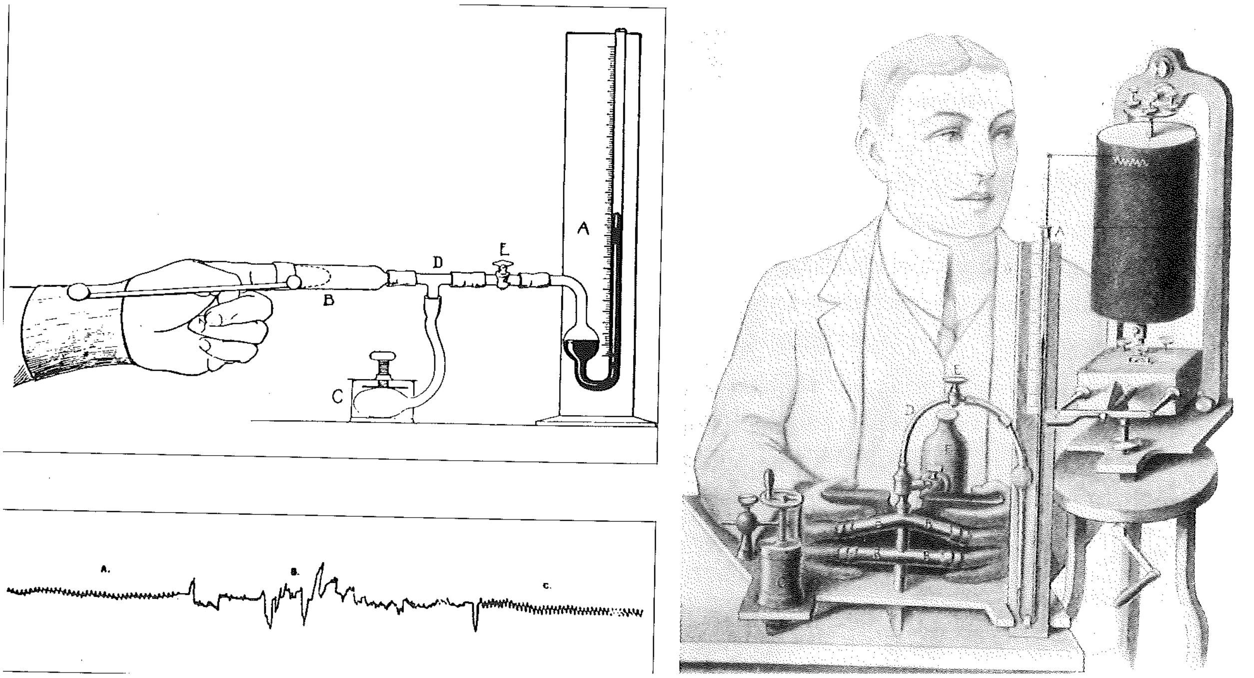


図 27 Mossoの指の脈波グラフ計

Mareyは、一定レベルの圧力を加えて最大オシレーションを計ることを薦め、それが拡張期血圧を計る考えの先鞭であるだろう。しかしながら、彼はこれは平均血圧に対応していると誤解していた。Mareyによって発明されたこの機器は、実用では、フランスの病院の部屋に届くことはなかったが、研究室では素晴らしい価値がある装置であった。

改良された間接的方法

19世紀の後半、多くの研究者が血圧の研究をしていて、重要な貢献者はSamuel Ritter von Basch (1837-1904)で、彼はウィーンの医師として卒業した後、メキシコや幾つかのヨーロッパの大学で働いた。1877年に、彼はウィーンで実験生理学の教授に指名された。彼は巧みな道具の製作者で、研究室内で多くの彼自身の道具を作った。1880年に、新しい血圧計を書いた論文を出し、それを臨床医療で使用するために紹介した。(Juhn 1955) この方法は外部圧で動脈を圧迫し、脈が消えた時の圧を計る原理を基礎にしたものであった。von Baschや彼の同時代の人々は、WaldenburgやTalmaたちも含めて、動脈を圧迫する設計された機器について研究していた。Von Baschは動脈を圧迫するのを容易にするためゴム球または水銀、後には水を満たしたベローを使った。血管を圧迫するための柔軟な媒体として水銀計と組合わせ、最も重要な革新であった。この方法は直接血圧測定に対して犬で、Zadekによって実験的に試験された。(Major 1930; Zadex 1880) von Baschの血圧計はより古い脈波計に非常に似ているが、それはより正確に記録する機器で圧迫する道具は圧迫圧をより良好でより正確に伝達をした。

von Baschが作った血圧計の初期のモデルでは、彼は、Mareyにもあったように、腕を包み、肌の血色が白くなるまでの圧を計るのに水を使った。(von Basch

1876). 後に、彼は水銀を満たしたゴム球またはペローおよびその外側の隔膜で包まれ、水で満たされているものに変えた。動脈は脈が消えるまで圧迫され: その瞬間に、圧力は垂直に搭載された圧力計から読み取っり、それは Herisson のものに良く似ていた。彼はアネロイドに切り替える前には、未だに非常に面倒であった携帯型の水銀装置で実験した。(von Basch 1881). この時、彼は測定において不正確性を引き起す尺骨動脈からの側副血行路の可能性についても述べている。

初期のころ、彼は尺骨側のヒンジのうえを可動する板があり、手首を抑えるための機器を使った。この板はコルクでパッドをネジにて手首に当てて抑え付るものであった。これは尺骨を押すことで橈骨動脈を隔離することであった。初期の圧力計の管は手首ホルダーに組み合わされていて、薄いゴムとシルクのペロッテは細い中空のガラス圧力計に接続されていた。彼はまた脈が水銀の円柱の振動によって観察でき、そして水銀の上部はそのオシレーションを記録する機器に伝えるため水を満たすようにされたと明記している。彼の機器はまた初期の研究に引用した Waldenburg の装置に、幾つかの興味ある類似性を持っていた。(von Basch 1880) (図 28, 図 29, 図 30)

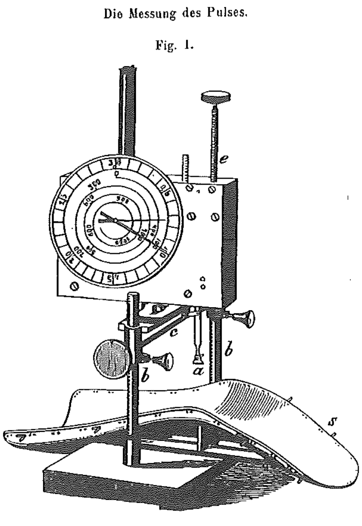


図 28 Waldenburg 血圧計

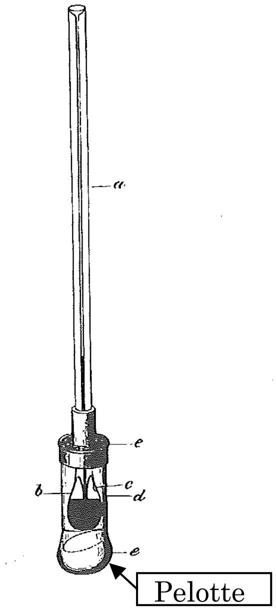


図 29 Von Basch
水銀血圧計

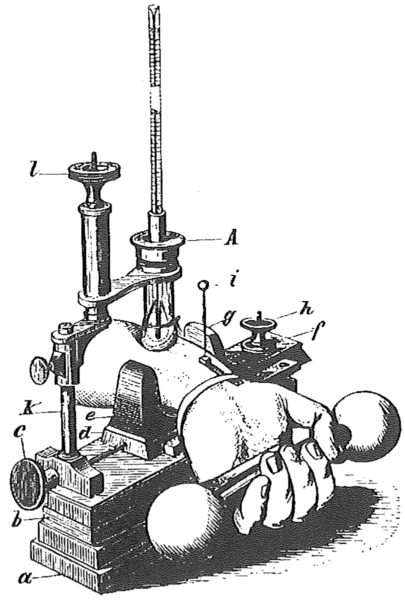


図 30 Von Basch 機器の
手首ホルダー

後に、von Basch は水銀圧力計の代わりにスプリングで負荷を加えたアネロイドゲージを使った機器を紹介した。(図 A17). これはペロッテに接続されていて、水で満たされていた。(von Basch 1887). 彼はアネロイドを臨床医療に導入するのに自信があったに違いなく、犬の大腿動脈に両方の方法を使って記録し比較して彼の機器の精度を証明した。彼は男性で 110～160mmHg で、子供でも殆ど同じであると記録して発表している。彼は血圧および心臓病の分野で包括的に発表し、これらのプロセスについての我々の理解を高める莫大な重要な貢献をした。(von Basch 1901). Von Basch の血圧計は比較的に使用するにおいても持ち運ぶにも容

易であった。それはベッドサイドの用途に適用出来た最初の機器で、1930 年の後期に出されたカタログに見られる。

Pelotte(ペロッテ)を使った彼の機器はスイスの Hermann Sahli (1856-1933)によって改良され、また Zadek によっては水銀 U 字管を組込んで改造された。Sahli の機器は、持ち運びできるように設計されていた。そして、Cook の機器のように 2 個のパーツから構成され、そのチューブ(管)が伸縮出来きるようになっていた。(Sahli 1906) (図 A41) Sahli はまた 3/4 インチから 1－1/2 インチにペロッテのサイズを上げ、彼は動脈が必要とする圧力を加えるのに役に立つと信じていた。彼はアネロイドのバラツキについて述べて、アネロイドの代わりに水銀圧力計を使った方が精度は改良されると感じていた。管の開放部は持ち運びのためゴム製のコルクを差し込んでいた。

Pierre Carl Edouard Potain (1825-1901)はパリの病院と関わりがあった。心臓学について Potain の興味は、彼がギャロッ説明、名前を付けている論文を出した 1875 年に遡る。彼は 1889 年に一つの機器を紹介し、それは脈波グラフ計や脈圧計から進化してきた他の機器よりも、より現代の機器に近づいていた。(図 31) この機器は同時期に開発されたより良質のゴムを使った。この圧力計はアネロイド型で、その圧力計はポケットサイズで、パリの C. H. Verdin によって作られている。それは水銀を cm 単位で目盛が付けられていた。

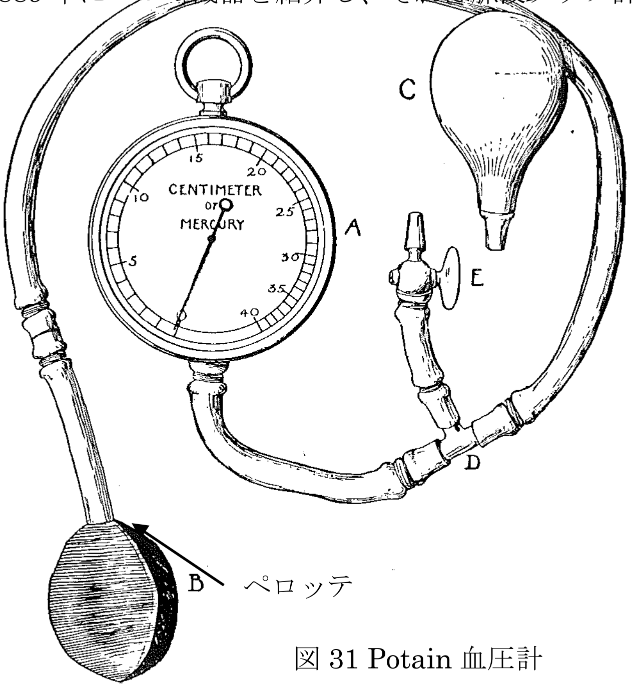


図 31 Potain 血圧計

空気で満たされた小さいゴム球は動脈壁面を圧迫するために使われた。Janeway (1904)は Potain が－von Basch 機器に使われたように－空気を用いて液体を置換えたのは、正確な圧力を達成を得るようにしたのは、非常に重要な前進であると評価している。金属製バルブにゴムチューブにゴムチューブで接続され、それに続いて金属型圧力計に接続された。(図 A18)

1902 年の論文で、Potain (1902)は高い血圧についてはほんの数ページを割いているのみである。彼は'maladies a pression forte' (高い)とは基本的に動脈硬化であり、'maladies a pression tres forte' (非常に高い) とは原発性腎炎のことを議論

している。彼は初期の本の中で、高い血圧と糖尿病の傾向に注目している。(Potain 1889). 後に、この機器は Sir Lauder Brunton によって Pelotte (ペロット)を腕カフに置換えた改良された形で使われた。

脈搏計の再現

多くの機器は、それはよく脈拍計として分類されているが、進化した血圧計とした形で導入されつづけた。これらの中で、親の機器は Herisson の脈拍計であると思われているに違いない。これらのより後の脈拍計の背景にある原理は血圧は動脈壁を圧迫するために必要とされる力に等しいとした。しかしながら、非弾性の圧迫機器の使用はエラーの大きな発生源になった。Herisson のものとは似ていなく、これらの後の研究者達は最大のオシレーション(振動)より収縮期動脈圧を確かめる試みがなされた。

Bloch の sphygmometre (脈拍計)として知られているフランスの機器はパリの医師 A. M. Bloch (Oliver 1901)によって 1880 年に紹介された。それは約長さ 10 インチで金属製であった。その内部の金属ロッド(丸棒)はスプリングとスライドする物差しまたは円形の目盛盤に接続されている。内部のロッドの下部の端は平たい形状になっていて、被検者の触診している指の爪に当てて押されるように設計されている。この機器の足が動脈を押すにつれて、針が加えられた圧力、1000g までの量を示すため、回転する目盛盤導入した製造メーカ Charles Verdin によって改造された。より精巧なモデルは、コルクの足が付いた交換できるロッドで、状況の変化で使えれように作られた。この改良は Saint-Lazare の医療機関の Dr Cheron によって提案された。 (図 A11, A12). 実際の使用において、これらの機器は代わりに脈を感じる親指に押し当てるようにした。(図 32 と図 33). この圧力は表を使って cmHg に換算された。時々、改造された脈波グラフ計と連結して使用された。(Verdin 1904; Bloch 1888). もう一つ非常に似た機器は Dr John Bethune Stein)よって考案され、New York の Charles E. Dressler によって市販された。この機器は 40 単位まで目盛られた。この目盛盤は Bloch 機器にあるように開放環という、より詰まったものである。それは'機器を使う前に、指示器がゼロかを調べ、...もしそうなっていなければ....指でゼロになるまで反時計回りに動かせ'と書いたメモを付け、三角の箱の中に入れて市販された。確かに、これはこのような粗い校正では非常に正確な測定は得られなかった。(図 A16). それは血圧測定の発展の段階で、数人のアメリカ人の功労者の一人が代表しているのは興味ふかい。

これらの血圧計の最も初期のものの一つが 1873 年に、ロンドンの Hawksley and Sons によって生産され、そして、Bloch の発明より先行していたかもしれない。これは彼らの後のカタログの中で'Dr Hanfield Jones のスプリング・ダイナモメータ'と述べられているが、それ以上の情報は記録されていない。

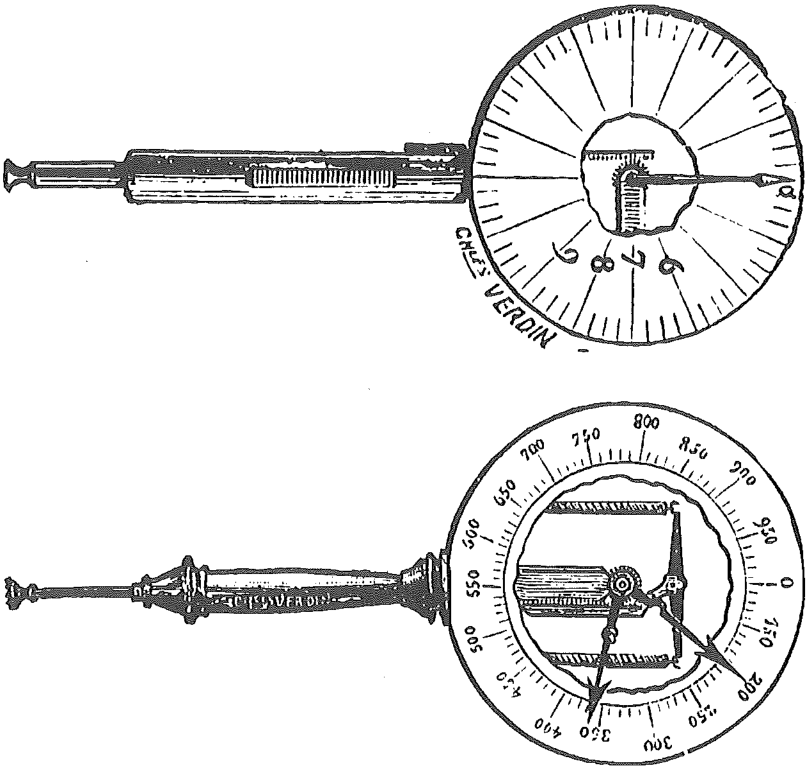


図 32 Bloch の脈圧計

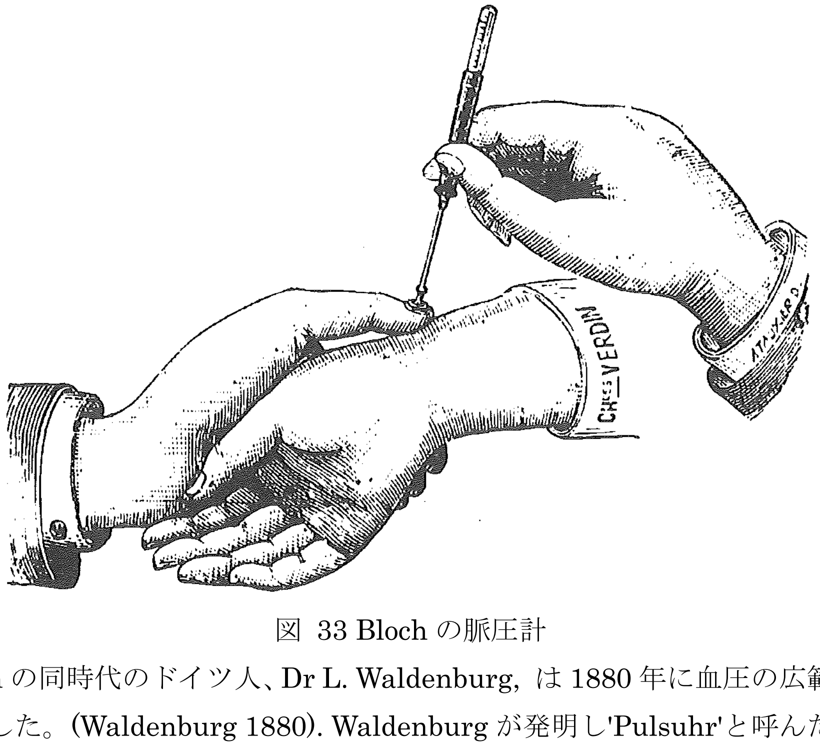


図 33 Bloch の脈圧計

Blochの同時代のドイツ人、Dr L. Waldenburg, は1880年に血圧の広範囲な論文を出した。(Waldenburg 1880). Waldenburgが発明し'Pulsuhr'と呼んだ機器は1877年に一冊、1878年に後のもう一冊が書かれた。(Waldenburg 1877; 1878). それは脈圧計とPondの脈波グラフ計の中間のようであった。(図 28) それは腕をのせる台と動脈を押した時、圧力を読むことができる文字盤が動作させるパッドを有している。圧力は一連の歯車によって目盛円盤に伝えられ、張力を維持するた

め数個のスプリングを持っている。この本は尺度の目盛単位でグラムと mmHg で読み取られ、条件の変化によって手の込んだ換算要素をして広範囲な測定について記載している。血圧の大半の項目は正常な生理学的変化を中心に扱って、病気における血圧の変動の項目はわずかである。

Leonard Hill は 1896 年頃彼のポータブル脈圧計を紹介した。(Gandevia 1961). それは下部の端はゴム球で覆われたクロム酸で色を付けたグリセリンで満たされたガラス管である。(図 A15). 測定者は手の指で手首の動脈を触診しながら、もう一方の手の人差し指と中指の間で機器を挟んでした支持し、脈を計っている側の指の下で脈が消えた時点の圧力を読みとった。

脈を閉塞するのに必要な圧力を記録するため設計されたもう一つの機器は Haemodynamometer (血圧計)であった。これは 1898 年に、ロンドンの Hawksley and Son によって紹介され、George Oliver (1841-1915)によって本の中で詳細に記載されている。外観は、それは大きなポケット型の時計に似ている。(Oliver 1901). この丸い目盛盤は裏返された U 字型金属ループの足の間のスプリングで支持されている。(図 A13). センサ板は橈骨動脈の上に置くようにして、これが針をゼロから 250mmHg まで円周の上を動くような原動力になっている。測定値はオシレーションが最も大きくなる点を計ったが、これは Oliver が誤解している平均動脈圧である。これらの機器は、U 字型金属ループはなく、四角形の箱に納められた。(図 A14). Oliver はまた少なくとも 2 種類のポータブル水銀機器を設計し((図 A46 と図 A47)、それは全く不正確なものであったが、構造としては非常に興味深いものであった。これらの圧縮された空気の圧力計は小さく、漏れ防止型であったが、長さを短くするため圧縮に頼っていたため、温度変化による空気圧の変化に敏感であった。Oliver は血圧は個体媒質では計れないという当時では、重要な観察をなした。それは彼はまたアネロイド機器を、彼は arteriometer(動脈計)と呼んでいたが、動脈の直径を計るために考案した。彼の発明品は 3 版まで続けられ、彼の本'*Studies of Blood Pressure*'に記録されている。(Oliver 1916)

ここで述べられている価値があるスプリング負荷された機器は Cruise スプリング血圧計で、アイランド出身の SIr Frances Cruise は 1908 年に *The Lancet* に掲載している。(Cruise 1908). 発明者はナンシー(フランスの北東部の地方)で Civil 病院を訪問している時、その機器は彼が 1899 年フランスの教授によって使われていた Bloch の機器を見た後に設計されたと書いている。それは、スプリングに接続された金属製のプランジャーを使って、全ては筒に収納されて、フランスの製造メーカにて作られた。橈骨動脈の上に置かれた時、プランジャーはスケール(目盛尺度)がセンチメートル単位で、彫り込まれた金属製の円弧に沿ってポインターを動かす。その使用法は Bloch が書いているものに非常に似ている。

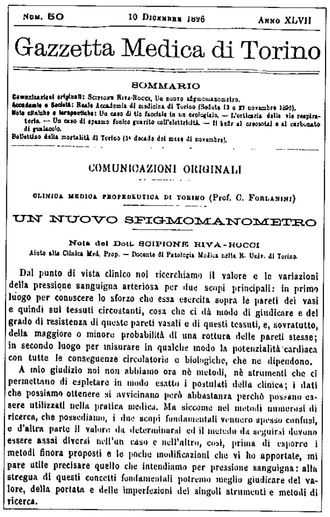
Gaertner は彼の脈の制御装置で、動脈の上の圧力をより正確に記録するようにしている。この機器はネジの留め金付の木の台木を使用し、ゲージは一片の曲がった真鍮の上のギザギサしたナットを使って血管の上押しつけられた。(Reichert 1942)

これらの全ての機器は循環動脈を圧迫する考えが導入され.るにつれて急速に消えていった。

5．現代に入るまでの血圧測定

19 世紀の最後の 10 年間の材料技術の発展は、医療の研究者達に、機器・道具の改良に大きなチャンスを与えた。加硫化したゴムを製造するために使われた工程は、Charles Goodyear(チャールス・グッドイヤー)(1800-1860)によって 1839 年に発明されたが、材質の品質における様々な洗練と改良は産業による開発が続けられた結果である。John B. Dunlop (1840-1921)、ベルファスト(アイランド)出身の獣医、1887 年に彼の子供の三輪車のために空気タイヤを作り、それは 1888 年に特許を取った。このゴムは以前の材質より優れていて: それは簡単に劣化しなく、チューブやバックを作るために使うことが出来た。彼の発見は数十億ドルのタイヤ産業のみならず医療道具用の簡単だが重要な部品の発達を促進した。動脈圧を間接的な測定値を得るための動脈血の流れを圧迫する努力は圧迫を効率的で、使いやすく、安全な方法で達成する手段の欠如によって妨げられていた。初期のチューブやペロッテを作るために利用できるゴムは不満足なものであったが、産業のより良品質、より耐久性の産業界の要求で、多目的のゴムが満たされ、それは、また医療機器に於いてもその必要とされた。

Riva-Rocci


Num. 50 10 Dicembre 1896 Anno XLVII

Gazzetta Medica di Torino

SOMMARIO

Comunicazioni originali: Scipione Riva-Rocci, Un nuovo sfigmomanometro.
Accademie e Società: Reale Accademia di medicina di Torino (Sedute 13 e 27 novembre 1896).
Note cliniche e terapeutiche: Un caso di tic facciale in un orologiaio. — L'orticaria delle vie respiratorie. — Un caso di spasmo fonico guarito coll'elettricità. — Il kefir al creosotal e al carbonato di guaiacolo.
Bollettino della mortalità di Torino (3a decade del mese di novembre).

COMUNICAZIONI ORIGINALI

CLINICA MEDICA PROPEDEUTICA DI TORINO (Prof. C. Forlanini)

UN NUOVO SFIGMOMANOMETRO

Nota del Dott. SCIPIONE RIVA-ROCCI
Aiuto alla Clinica Med. Prop. — Docente di Patologia Medica nella R. Univ. di Torino.

Dal punto di vista clinico noi ricerchiamo il valore e le variazioni della pressione sanguigna arteriosa per due scopi principali: in primo luogo per conoscere lo sforzo che essa esercita sopra le pareti dei vasi e quindi sui tessuti circostanti, cosa che ci dà modo di giudicare e del grado di resistenza di queste pareti vasali e di questi tessuti, e, sovratutto, della maggiore o minore probabilità di una rottura delle pareti stesse; in secondo luogo per misurare in qualche modo la potenzialità cardiaca con tutte le conseguenze circolatorie e biologiche, che ne dipendono.

A mio giudizio noi non abbiamo ora nè metodi, nè strumenti che ci permettano di espletare in modo esatto i postulati della clinica; i dati che possiamo ottenere si avvicinano però abbastanza perchè possano essere utilizzati nella pratica medica. Ma siccome nei metodi numerosi di ricerca, che possediamo, i due scopi fondamentali vennero spesso confusi, e d'altra parte il valore da determinarsi ed il metodo da seguirsi devono essere assai diversi nell'un caso e nell'altro, così, prima di esporre i metodi finora proposti e le poche modificazioni che vi ho apportate, mi pare utile precisare quello che intendiamo per pressione sanguigna: alla stregua di questi concetti fondamentali potremo meglio giudicare del valore, della portata e delle imperfezioni dei singoli strumenti e metodi di ricerca.

図 34 Riva-Rocci の原文

1896 年に、イタリア人の教授、Scipione Riva-Rocci, は上腕動脈の流れを圧迫する腕カフを作った。彼は垂直立てた水銀容器を付けたを使て、その圧迫に対して脈拍が末梢で触れることができなくなる瞬間のゴムカフを加圧するに必要な圧力を計った。これは血圧測定の現代の幕開けであった。

Riva-Rocci は 1863 年に生まれ、'チューリン大学の医学、外科を卒業、そこで 1894 年にそこで講師になった。血圧測定に対する彼の興味は Angelo Mosso の影響によるが, Mosso はチューリン大学の教授で、彼については既に前に述べた。1896 年に、Riva-Rocci はイタリアの医学会の会合で報告書を提示して、そこには水銀圧力計と上腕動脈を圧迫するためのゴム製の腕バンドの使用について述べている。彼はその同じ年の 12 月に彼の論文を Gazzeta Medicina di Torino (Riva-Rocci 1896)に発表している。(Riva-Rocci 1896)(図 34) 残念なことに、完全な論文の英文翻訳は出版されていなかった。要約の翻訳は著者 Arthur Ruskin の'*Classics in Hypertension*'にあったかもしれない。(Ruskin 1955) William Hall Lewis Jr. は血圧計の革新についての解説の一部に引用したニューヨーク医学アカデミーのスタッフによって完全な翻訳文について触れている。(Llewis 1941). その医学アカデミーの公文書の調査はその資料の保管場所を見つけることができなかった。

この発見は血圧測定における新しい時代の幕開けになった。Riva-Rocci は彼の先駆者たちの遺したものについて見直した。その多くは Herisson の脈圧計以降に開発されたものであったが、当時の血圧計の欠点について述べ、それは'概ね、粗悪な脈波グラフ計レベルにも及ばない'と述べている。彼はまた 2 種類の計器の違

いを識別し：血圧計は拍動している全体の動脈圧を計り、それは angioparatlibometers は［(aggion；血管 ＋para thlibo，側面から押された)]と呼び、動脈を側面から圧迫されている圧力を計る、基本的な点を指摘している。

Scipione Riva-Rocci (1863-1939)
from Handbook hypertension volume 14 Blood pressure measurement
E.O'Brien and K.O'Malley

その基本となる理論を述べた後、Riva-Rocci は簡単で垂直型の水銀を満たした圧力計と上腕骨に対して上腕動脈を圧迫するゴムカフについて説明している。彼はまたアネロイド圧力計よりも水銀圧力計が優れていることも議論している。アネロイド機器の精度の限界に懸念を持ちながらも、彼自身が設計したアネロイド圧力計について書いている。また、その報告書は動物の動脈や人工的な薄い肉厚のチューブが実験のために動脈の代わりとしてシミレータを含めて動脈や臨床的な試験から広範囲な実験データを記録している。簡単なレポートはフランス語によっても出された。(Riva-Rocci 1899)

圧迫用機器

Riva-Rocci の発明の重大な欠陥は幅が狭くて、疑いもなく、結果として、不正確であった腕バンドを使ったことにあった。そのバンドの幅がわずか $1\frac{3}{4}$インチであった。テキストの中で、Faught は、その当時では大人で最も正確な血圧は約$4\frac{1}{2}$から 5 インチ幅のカフであると示されてきたと注目している。(Faught 1913). 面白い事に、血圧測定の歴史を記録してきた殆どの著者は圧迫カフの開発を無視している。初期の圧迫機器は脈圧計に見られるように物理的媒体であった。これは von Basch によって導入されたより革新な圧縮のペロッテが続き、Potain によってさらに改造された。圧縮のためにペロットに液体や固体ために空気を代用したのは重大な改良であった。Riva-Rocci 外周を圧迫する考えを導入した後、それは彼の簡単な水銀圧力計より遥かに重要な貢献であったが、そこには他にも変化があった。Von Recklinghausen は狭いカフが不正確であることを知り、それを大幅に幅広くした。当初は、そのカフは空気圧よりむしろ水で加圧されていた。他の革新カフが、特にオシレータ用に、開発された。これらは Amblard (Amblard 1908) によって導入されたようなダブル圧縮器であって、Gallavardin (図 35)によって普及させられた。

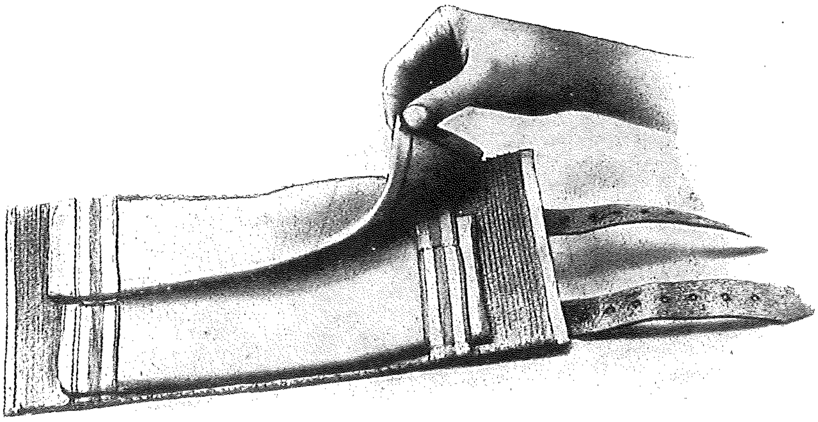


図 35 Gallavardin のダブル圧迫カフ

このダブルカフは上部のカフで動脈を完全に圧迫させるようにし、それから、カフが減圧される時に、圧力波は、軽く動脈を圧迫するより末梢側のカフによって簡単に検出される。Amblard によって導入されたカフは 2 個のブラダを適合させるため非常に大きかった。それは$6\frac{1}{2}$インチ幅、丁度 18 インチ長さ以下で、大きな圧力計に装備されていた。この完成した器具は'sphygmometroscope'と名付けられた。殆どの批評家は、このダブルカフは Amblard によるものであると言っているが、彼の本の中では(Amblard 1909)は Vaquez の'sphygmosignal' (図)と述べている。この器具は 2 つの分離されたカフで、一つは上腕用、もう一つは橈骨

用として採用している。そして、それは 1903 年に発表している。(Vaquez 1903)(図 A29). 後に、このダブルカフを一枚の布カフの中に組込んでいる。

Huchard は Amblard の本の序文を書いた有力なフランスの医師であった。予言的に、彼の序文で、Huchard は[血圧の臨床的な測定において、....同時に、何も簡単でありそして難しいものは何もない.....]と書いている。この小論文はその時代の評判のよい器具についての手短な批評およびより重要な器具であることについて両方の記述があるので特に興味深い。彼はまた、違う機器間の圧力測定で大きな差があるのにも指摘している。

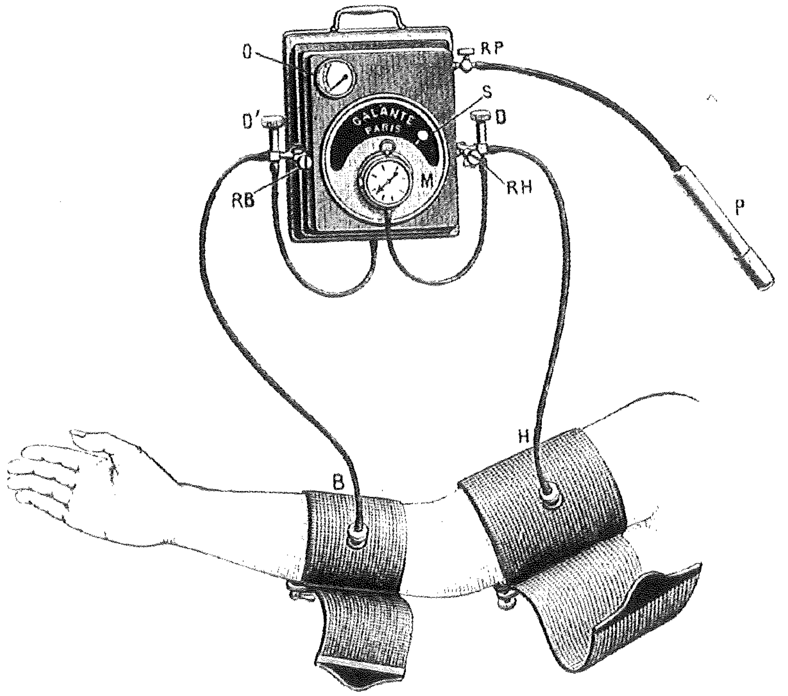


図 36 Vaquez の Sphygmosignal (血圧脈波シグナル)

圧力計でのさらなる改良

Riva-Rocci は紹介した後まもなく、彼の最初のオリジナルの実験モデルを改良し改造した。一年以内に、その最初の市販用の機器は売りに出され、医療機器カタログに載せられた。(Allen & Hanbury 1901).これらの初期の機器は 2 個の継手を持った簡単なガラス製の容器であり、一つは腕用バンド用で、もう一つは加圧用ポンプのためのものである。mmHg で目盛されている垂直のガラス管はガラスボウル(お椀)の口の部分でコルクとしっかり固定されていて、そのボウルは水銀の容器としての役割をしている。後に、ドイツの製造メーカは非常に改良された設計を紹介した。残念ながら、メーカの名前はその機器には記録されていない。それは安定のため重い鋳物製の台で、2 個の継手を付いたガラス製の水銀容器と目盛が印されていないガラス製の管から成り立っている。mmHg 単位の目盛が付されている三角形の金属プレートは

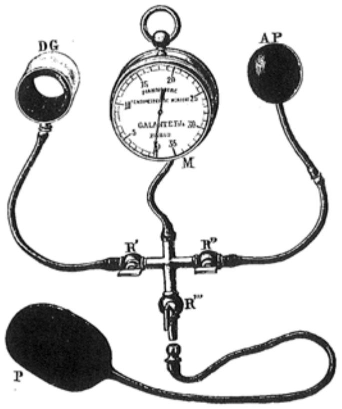


図 37 Bouloumie sphygmotonometre

ガラス管の背面に固定されている。金属製の物差しは水銀のレベルとゼロの目盛位置に合わせるため上下して、そうして視覚的なエラーを防止した。製造の日付はおそらく c.1900 頃であった。(図 A37)

Riva-Rocci の方法は急速に受け入れられ、短期間に、欧州では多くの施設で臨床に使われた。初期の機器はすぐに多くの改良や改造がなされた。当初、注目されたように、オリジナルの腕カフは測定エラーを起こす要因になっていたのは、カフ幅が非常に狭いことにあることが判った。1901 年には、ドイツ人の教授、von Recklinghausen によって、より広い良好なカフに改造され、彼は 12cm (5 インチ) 以上の幅を推奨した。(von Recklinghausen 1901). のことは測定の精度を大幅に上げることになった。

1897 年に、Hill and Barnard は狭い腕カフ、アネロイド型目盛円盤の圧力計とカフを加圧するための金属製の自転車ポンプについて述べている。彼らは膨らませることが出来るインドゴム製のブラダからなる、狭い金属製のバンド(これらは彼らの論文では"broad"幅と記載している)を使った。この論文は Riva-Rocci の報告の一年後 *British Medical Journal* に掲載された。(Hill & Barnard 1897). そのカフは子供の大腿に使われた。Hill and Barnard は彼らが発表する前に使用したものと比較したら外形は大きかった。この著者達は一頁の論文の中に僅かな臨床的観察をしていた。彼らは測定誤差を避けるため心臓レベルに腕の位置を保つことを強調している。彼らは針の最大のオシレーション(振動)は平均動脈圧で起きていると間違えて信じて、彼らは Marey と同じように圧力を計るのに使った。それは頻回に測定する間で 5－10mmHg の差は生理学的なバラツキで問題ないとしている。機器の精度は、直接法と間接法を同時比較して、犬の実験で検証もされた。

Hill and Barnard によって報告されたもう一つの興味深い点は、彼ら発明したものを使って座位の位置で、酸素とガス麻酔された 8 名の患者で血圧をモニターするのに使った。恐らく、これは歯科治療であったろう。エーテルで麻酔された 4 名の患者では、血圧は安定していたがクロロホルム麻酔された 6 名の患者では、この新しい装置によって記録された血圧は 20－40mmHg 位ドロップした。これらの観察は正確である。これは、Faivre が実質的に手術中に血圧計で直接的に血圧を測った最初の人物ではあるが(Faivre 1856)、この著者達を間接的に血圧測定する機器で麻酔中に血圧を監視した最初の人物となした。

Hill and Barnard が、イタリアの雑誌に Riva-Rocci の発表の 10 ケ月後であるが、彼は恐らくこの論文は参照していなく、1897 年 10 月に出た論文は注目する価値ある。もう一つの論文で、今回は、Leonard Hill と Martin Flack であるが、それは 1909 年 1 月の *British Medical Journal* に出たが、その冒頭言葉で[収縮期圧はRiva-Rocci と Hill and Barnard'(Hill & Flack 1909)によって独立して発明されたアームレットまたはカフによって普通に得られる]と述べている。この記述では Hill は彼が自身の研究を行っていた時、Riva-Rocci の発表を知らなかったことを示唆している。

1899年に、オーストリア人の医師は、Gustav Gaertner (1855-1937), 彼がGaertner トノメータ呼んでいる装置を考案した。(Gaertner 1899) それは指で計るように設計されていて、便利さが特徴があると考えられた。正しく使用する方法は非常に複雑であった。Sir Lauder Brunton はその使用について次のように述べている。：

It consists of a metal ring 1.5 cm broad, to the inside of which an India ruber membrane is fixed, so as to leave an air space between it and the ring. This space communicates by an opening in the side of the ring, and a T-tube with a manometer and a pressure ball. The ring is placed loosely on the middle phalanx of one finger, and blood pressed out of the last phlanx, either by rolling a thick, narrow India rubber ring upward, or by wrapping a piece of fine India rubber tubing tightly round the finger from its tip upwards. The pressure is then raised in the apparatus to a point which is certain to be above the pressure in the arteries, e.g. 200mmHg. The India rubber ring is then rolled off or the tube unwound, leaving the last phalanx white and bloodless. The pressure is then lessened and finger-tip watched, so as carefully to note when it begins to flush with the returning circulation. The height of the mercurial column at this moment indicates the systolic pressure in the digital arteries.

この機器のカフは普通の自転車用の空気入れによって加圧された。多くの違ったデザインがこの機器には見られ、例えばU字型圧力計(図 A44)、やストレート型ガラス管圧力計; そして幾つかはアネロイド型金属製圧力計を有しているものなどである。Gaertner 機器はRiva-Rocci の血圧計の前にアメリカに伝わっていて、多くの病院で使用されるまで知れ渡っていた。(Fulton 1946). この機器の発明はMosso と Marey によって彼らの初期の機器の中で予知されていた。指の圧の測定は、橈骨動脈使った測定は血管の壁面の抵抗で重要な影響を受けると考えられていたので、真の動脈圧を示すと考えられた。これは比較的珍しいが、今日でも、特に高齢者の患者で、収縮期血圧は血管壁の重大な病気がある場合、過大評価される可能性がある。ある程度の(proximal stenosis；近接狭窄)を持った患者はその狭窄に対して腕の末梢で偽りの低い圧を持つ可能性が有る。

フランス人、P. Bouloumie はGaertner のトノメータと Potain の脈圧計の両方を2本アームとアネロイドゲージを一つの機器に纏めて改良した。(図 37). 彼はこの方法によって、重大なエラーは血管壁の抵抗により持ち込まれるという考えを拡大させて、血管の弾性と実際の動脈圧を見積もりが出来るだろうと考えていた。(Bouloumie 1905). 彼の本では、彼は何回も観測によるバラツキは、恐らく彼の機器の不正確さと血圧における正常なバラツキの結果であろうとコメントして、そしてRiva-Rocci のアネロイド機器を、その価値をについてコメントしなが

らもPotainによる機器について非常に持ち運びに優れている理由から好みとして述べながら説明している。

1900 年頃、Harvey Williams Cushing (1869-1939)はスイスのベルンを訪づれ、彼が発見したもので全身的な血圧に依存した脳への血流調整について研究した。この頃になると彼はRiva-Rocciの装置を知って、彼はプロゼクトを終えたらすぐ、イタリアのパヴィーアの Riva-Rocci を訪れた。この訪問で、彼は臨床の実務の中で、Riva-Rocci の機器を観察し、1901 年 5 月 6 日付の彼の日記にその装置のラフな図を記録している。(Fulton 1946). 彼は 9 月にアメリカに戻り、その年が終わる前に、一連の会合を組織化して、アメリカの医師達に Riva-Rocci の機器の重要さについて説得していった。彼は麻酔チャートに記録している血圧を紹介し、それは彼がハーバード医学校で 1894 年に設計し、そのチャートを'ether charts；エーテルチャート)と呼んでいる。(Sheperd 1965). 1902 年中に、改造および改良された Riva-Rocci の血圧計は Elmer and Amed 社により製造され、市場で利用できるようになったのは Cushing の努力による。

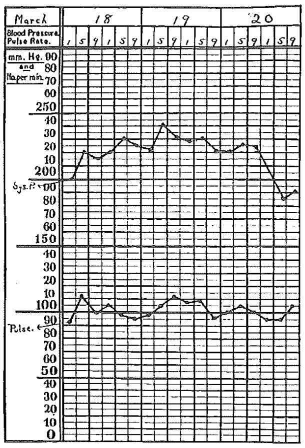


図 38 慢性尿毒症患者血圧ﾁｬｰﾄ

20 世紀の初期の数年間、Riva-Rocci のオリジナルの機器に対して改造したり、改良された機能を追加されるなど熾烈な動きがあった。非常に多くのモデルがアメリカで作られ、有名な医師達は多くの有用で、有益な特徴ある機能を個々の要求に対応して多様な新しい機器に彼らの名前を付けて、いろいろな製造メーカに彼ら自身が関わった。我々が米国で血圧の測定において重要な動きを知るのは Riva-Rocci の機器の導入後のみであることを特筆するのは興味がある。

Theodore Caldwell Janeway (1872-1917). はジョンホプキンス大学で医学の教授であった。彼は Janeway 血圧計を恐らく 1902-3 年頃に設計している。それは木箱の中の現代風の機器であって、ニューヨークの Charles Dressler 社によって作られ、$14 で売られていた。ガラス管 U 字型で蓋の中に固定されていた。管の伸長は取り外しができ、搬送のためその蓋のクリップに置かれていた。物差しは使用時に上方にスライドするように作られている。腕カフは幅広であった。このモデルは普及した機器になり、恐らく携帯性と Janeway の影響によるだろう。それにもかかわらず、この本の著者はその普及は短かかったと示唆しながら、この機器の今まで残っているサンプルには遭遇していなかった。蓋が閉じられた時に、水銀の漏れの問題はその大きな欠点として残った。

彼がニューヨークで大学とベルビュー病院医学大学の講師であった間、Janeway は血圧の測定の臨床的な値に関しての重要な本を出版した。(図 38). この本の中で、彼は自分の機器について次のコメントしている。；

As a portable sphygmomanometer it is second only to Cook's which has not proved substantial in my hands...It, and Stanton's form, are the only simple instruments with which one may approximate diastolic pressure, besides measuring systolic.

Janway は 1900 年代初頭で血圧測定に重要な役割を果たした。彼の本の序文に、Janeway は'血圧計の導入前には、確かに高い興奮が見られたが、それは臨床用の体温計が出る前も同じような加熱感があった'と指摘している。血圧計を援護しながらも、彼は 1904 年に、「現代の医者の医療器具は非常に複雑で、それに付加されているものは純粋なブームからは遥かにかけ離れている」と指摘しているのは興味がある。

もう一人のアメリカの医師は、Faught は, Janeway のように自身の機器を発明し(図 A39)、血圧について本を書いた。(Faught 1913). 彼はキャリングボックスに搭載された頑丈な樫の板に U 字管を組込んだ。それは耐久性があり、正確であったが携帯性には向いていなかった。U 字のそれぞれのアームのトップのバルブは水銀の漏れを防止するため使われた。これはコルクで閉められた Janeway の機器に改良されたものであった。

Faught は 1913 年に、血圧について彼の論文を出し、その序文の中で、彼は次のように書いた;

During the brief period from 1900 to 1910 our knowledge of aphygmomanometry developed from a procedure of uncertain and doubtful value, as viewed by the rank and file of the medical profession, to a method of examination equaled by but few of the main reliable methods of precision in daily use....

彼はさらに予測して;[今後 5 年間に、1907 年から 1912 年に、血圧計の用途は非常な速度で広がり、たちまちのうちに普遍的なものになるだろうと.]

Faught の本に書かれているもう一つの興味深い機器は Feddle の表示器である。多くの医師達は水銀柱の中の変化を、振動計と同じように拡張期血圧を見積もる手段として観察していた。これは不正確であると判って Feddle 表示器は配管に装着され、拡張期と示唆していて、空気圧が圧力が安定するまで中空の管内のピースボールを上下運動させて安定させせている。(Feddle 1910). Faught は年齢、性別、日の時間、サイズや神経質な性格、消化、筋肉の発達、筋肉作業、精神的不安または疲労など通常に血圧に影響する主な要素をリストアップした。

この同時頃、または少し前に、ニューヨークの Elmer & Amend 社は Cook の血圧計を作った。この改良型としてテーブル据え置きや木製の箱に納めらた携帯型などいろいろのモデルが出回った。(図 A41, A42). それは目盛を付けて圧力計の役割をする垂直の管のガラス容器になっている。それは腕カフと金属製の T 型継手で加圧ゴム球と接続する出口ポートを持っている。この携帯モデルのコルクは漏れを防ぐため設けられているが、非常にデリケートで、壊れやすく水銀の漏れもあった。Janeway の血圧計も漏れがあった。Cook の機器に使われているカフは幅が狭く高めの測定値を与えた。(図 39).

1903 年に、W. B. Stanton は金属製の水銀容器と腕カフに接続された真直ぐの圧力計を付けた装置について述べている。このガラス管は持ち運びのためネジを外すことができた。このカフはオリジナルの記載では足踏みポンプで加圧され、そして空気の流れは、圧力計とカフを T 型継手で接続されたゴムチューブを収縮することによって調整された。カフおよび圧力計の接続に使われているチューブは、オシレーション(振動)を最大限に伝達するため非伸縮性の硬質ゴムでつくられた。この水銀のオシレーションは拡張期血圧を決めるために使われた。(Stanton 1903). Stanton はこの分野で重要な革新者として、当時の多くの著者によって引合いに出されている。Janeway はこの機器に狭いカフ(8.13cm (丁度 3 インチ強)) を使っていて、本当の意味での携帯型ではないので、不十分であると引合いに出している。ずーと後のレポートはカフを加圧するのにゴム球を使っているのを記載している。

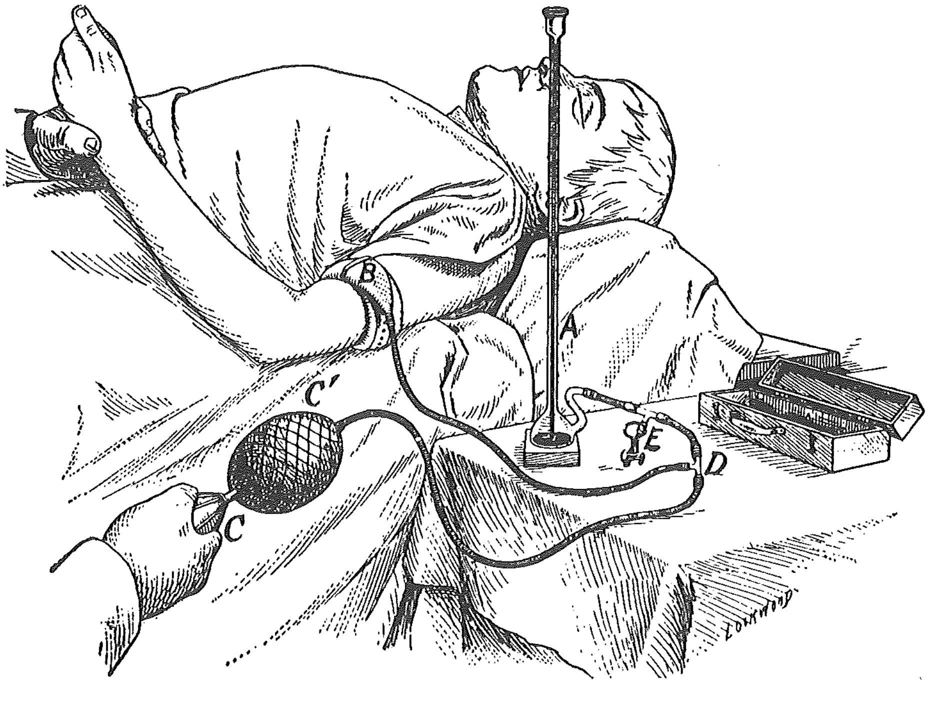


図 39 Riva-Rocci 血圧計

C. J. Martin (1866-1955), 彼はオーストラリア、メルボルンの生理学の教授で、血圧を計る新しい機器に非常に興味を示した。彼は Riva-Rocci のオリジナルに対して改良された多くの機器について研究した。1903 年の論文では、彼は Hill and Barnard, von Basch and Oliver の機器は不満足であると述べ、Riva-Rocci の機器の優れた点を引き合いに出している。Martin は狭いカフの問題を知っていて報告した。彼はカフを 4, 5, 10cm そして 12cm ($1\frac{1}{2}$, 2, 4 および$4\frac{3}{4}$インチ)幅を実験し、12 cm の幅が精度および再現性のある測定値を得るにため必要とされと決めたが、彼は von Recklinghausen がこの所見では先んじていたと注記している。1903 年に、彼は当時 Martin の血圧計として有名になった自身の機器を設計した。(Martin 1903). それは幅広い腕カフと加圧用のオリジナルの空気入れポンプを装備した U

字型水銀圧力計あった。そのオリジナルはオーストラリアのビクトリア医学会に展示されている。この付録(図 A56)のサンプルは、この本の著者のコレクションからのものである。およそ 1905 年以降、それはロンドンの 3 大メーカによって製造された; Hawksley, S. Maw 社 と Down Brother 社である。もともとは水銀の漏れは管の一端でゴムストッパで漏れを防がれていた。後に、水銀の漏れを防ぐためゴム球のトラップに置換えられた。このバージョンでは、U 字型圧力計の端は膨らむように小さなゴム球に形作られていて、その端は薄くて自体で振じられている。これは使用や運搬中に水銀が無くなるのを防でいた。Hawksley 社によって作られたこの機器は、幅広い中空のガラスの管で、その物差しは 300mmHg まで伸ばせる象牙製であった。S. Maw によって市販されたものは小さな直径の水銀圧力計で、ガラスのバー(細い板ぎれ)の上に 180 mmHg まで目盛され、スライドする物差は、それは体温計のような外観であった。両モデルとも、圧力計は搬送中に箱のベースに安全性を確保した木製の部品に固定されていた。圧力計を使用するためには、ガラスの管付の木製の小片部品は、箱の背面でブラケットの中へ垂直な位置で中に差し込んで利用できた。Martin は、ロンドンの予防医学リスター研究所の理事であった時、1905 年に british Mdical Journal にこの機器に関する重要な論文を出した。(Martin 1905). これはこの課題に対して多くの実験データと大量の重要な情報が記載されていた。Sir James Mackenzie は(1853-1925)、当時の最も有名な心臓内科医の一人で、この機器は、多くの点で、1905 年までに利用できる他の機器より優れていると示唆していた。(Mackenzie 1916).

およそ同じ頃、イギリスの医師、Lockhart Mummary は、目盛を振った垂直の管の圧力計について記載していて、それは幅の広く引き伸ばせる水銀溜めまたは容器に接続された。このモデルは 1908 年に Hawksley 社にて作られた。これはイギリスで好まれた機器で、上記に述べた様に Sir Francis R. Cruise など、多くの医師達によって使われた。Lockhart Mummary はゴムバックの外層はゴムと木綿の布地とを織り込んだ組合せで構成している示唆して腕カフを改良した。このバッグは耐久があり、動脈に対して腕を均一に圧迫出来きる必要な剛性があった。

Herbert French は, ロンドンのガイ病院での医師、彼の機器について書いた。それは 1910 年の *British Medical Journal* に'新しい形態の血圧計'として述べられている。(French1910). これは真直ぐした圧力計から成り、ガラスの水銀容器にコルクを経由して接続されている。ストレートの管の下端と水銀レベルの長さは、水平の位置ではその水銀は管には到達できないが、垂直の位置で管に水銀がはいるように調整されている。この簡単な調整は、水銀の喪失と漏れにくくする。それは木製の箱に納められ、その両側はヒンジが付けられて、そのため使用時は、ガラスのボールと圧力計は垂直の姿勢で立てるように作られている。この腕カフとゴム球型のポンプは T 継手で一つの出口に接続された。(図 A53; A54).

デトロイト出身の米国の医師、R. E. Mercer, は簡便性のためテーブルに取付できる U 字管圧力計を発明した。(図 A45). 彼は致死率に対する高血圧の関係など多くの正確な観察を網羅して、そこでの正常血圧の定義は今日の値に近い興味深

い論文を発行していて、またアネロイド型機器は信頼性が無いとも述べている。彼は年齢による血圧の変化は正常ではないと注目した最も古い医師達の一人である。(Mercer 1913)

アネロイド圧力計

20 世紀の最初の 10 年は、米国や英国の医師や製造メーカは圧力を計るために最も簡単で、正確な方法はガラスの管に水銀の使用したものに信頼を置いていて、水銀圧力計を改良するため努力した。それにもかかわらず、フランス、ドイツの同僚たちはアネロイド機器を導入したり、改良したりして完成していった。そのアネロイドは 2 つの原理に基づいていた: 長い間バロメータに使用された一つで、それは真空シールされた金属の管は空気の圧の変化に対して正確に応答するものであった。; もう一つは、ブルドン管のそのものである。そのブルドン管は 1849 年に Eugene Bourdon (1808-1884), フランスの発明家によってパテントされている。それは中空の金属管で、末端はシールされていて、それは円弧または半円弧の形状になっていて、円形の目盛上をポインターまたは針を動かすレバーシステムに接続されていた。計られた圧力は基部の開放端に加えられた。この方法は、今日でさえ、液体やガスの圧力レベルを計るため、産業界で幅広い分野で使われている。

Heinrich von Recklinghausen はアネロイド血圧圧力計を導入し、血圧測定において幾つかの革新のため原因を追究した。(von Recklinghausen 1901; 1910; 1913). 全ての金属製の圧力計のブルドン管と、Riva-Rocci によって最初に使われてから 1901 に改良された幅広い腕カフを使用した。初期の記述とこの機器の添付した説明書では、自転車用の空気入れはカフを加圧するため使われていた。

血圧計は 20 世紀の前半は改良、改造されながら、使われてきた。Von Recklinghausen のオシロメータは、血圧の研究に重要な貢献している Riva-Rocci の血圧計と比較することが出来る。彼と Pachon はアネロイド機器で血圧を計るためのオシロメトリック法の主な弁護者で、ドイツやフランスにこれを普及させた。

オシロメトリー

血圧を測定中オシレーションの最初に観測は Herisson によると思われる。後に、Marey がこの現象を使用したが、水銀圧力計を使ったため、応答が遅く、オシレーションが減衰した。血圧の研究と測定に対する Von Recklinghause の重要な貢献は彼の本の中に纏められている。(図 A27; A28; A33; A34).(Von Recklinghausen 1940). この権威ある本は、それは厚さ 527 ページで、はじめの 118 ページまではその方法論の開発について記載し、この本が出版当時までの圧力計、カフ、ポンプや終端の形状など血圧測定のあらゆる面から纏めている。これほどの総括的に纏められた本はその当時までには見られなかった。

1909 年に、フランスの教授、M. V. Pachon (1867-1936)はもう一つの重要なアネロイド機器を紹介した（Pachon 1909) (図 A30-A35). その圧力変化に応答する金属製の空気密閉型の管を使った。圧力に敏感な金属真空の管は、シールされた容器の中に封入され、その容器はその圧力を示すため小さな圧力計が付いていて、その間、真空管内の圧力は別の目盛にて表示された。金属製のポンプは腕カフの加圧を得るために使われた。その圧力が箱の内部が動脈圧以上に上昇した時、バルブは箱からカフと真空管を切り離した。リリースバルブは動脈圧を与えながら、管と接続された針のオシレーションが観測されるまで、圧力をゆっくりと下げながら開放された。この機器で測定値を得るのにかなり複雑をする必要があった。振動が消えた点は収縮圧、最大のオシレーションの点を拡張圧とした。(Pachon 1909). それはフランスでは非常に普及した機器になり、20 世紀に入って良く使われた。それはダフルカフを紹介した Vaquez により、さらに改良され、そのカフは圧迫するため上部カフと目視できるオシレーションを作る敏感な下部カフでなりたっていた。(Gallavardin 1920). それはパリの G. Boulitte 社によって製造された。

Taylor instrument 社は、Tycos のアネロイド血圧計(図 A20) を生産した、一年に 3 版まで W. H. Cowing (Cowing 1912)によるその出版物のスポンサーで、かなり特許の宣伝で、水銀圧力計に関して彼らの製品の優位性を主張した。もう一つは、明らかに自我自賛的であるが、体温計や血圧計の歴史的な記事を Taylor 社の Bradford Noyes Jr. c.1932 によって書かれた。

記録する血圧計

生理学者や医師達は調査研究には信頼でき、正確で、使い易い機器を望んだ。彼らは測定したものを記録する必要があった。初期の時期に紹介された血圧計の記録する方法は実用的でなかった。この要求を履行するため、数多くの機器が発明され、そこにはいろいろな工夫が示されていた。

1890 年に、ケンブリッジ大学出身の C. S. Roy と J. G. Adami 記録する血圧計について述べている。彼らは橈骨動脈の上に小さい箱を乗せて、バック(袋)が箱の内側は水で満たされていた。それは圧力計と水の容器に接続された。記録するポインター(針)は開放部を通して水バックの上に乗せられていて、時計用バネで安定されていた。この機器は極めて複雑な構造をしていたが、論文の中では、著者たちはこの装置を使って良質の記録を証明してみせた。

非常に普及した記録する血圧計は Joseph Erlanger (Erlanger 1904)によって設計され、アメリカの第 14 回の生理学会の会議で最初に報告された。その時に利用できた機器についての評価では、Janeway は Erlanger のものが最も正確な機器の一つであると述べている。Erlanger の機器は U 字管と圧力計と空気を使ったターンブル(円筒状の記録紙を貼ったもの?)に、空気を使って、記録される圧力を伝えるためガラス球によって囲まれたゴム球を使っていた。この革新的な部分は球の中の圧力の変化で針に圧力変化の伝達の利用であった。(図 A38).これはオシレ

ーション(振動)に対してその機器の感度を上げたことである。このアイデアはスフィグモスコープ使ってMareyによって最初に報告されたことは注目すべきである。もう一つの機器は、ドイツのZimmermanによって製造され、同じ考えを採用している。(図 A68). Erlangerの機器は、血圧の視覚的な記録とその変化を示すため、回転ドラムの上にオシレーション(振動)を記録した。それに血圧とその変化を視覚的に記録している。彼は5インチ(12 cm)カフとカフを膨らますためPulitzerバッグを使った。収縮期圧はオシレーションが消える点として決定され、精巧なバルブを付けたセンサは最大のオシレーションまたは拡張期圧の正確な決定を可能にした。この機器の使用についての詳細な説明はジョーンズ・ホプキンス病院の報告書の中に発表されている。(Erlanger 1904). この報告書で、Erlangerはカフの幅を変えながら試験した。彼は$6\frac{1}{2}$インチ幅はエラーがない思い、それから狭いカフのエラーについて詳細に解析した。

数人の研究者はErlangerより以前に、最大から最小の記録する血圧計を発明してきたが、Erlangerのものが最も正確あったようである。最大オシレーションが拡張期血圧に相当する証明はHowell and Brushによってより以前に提示されていた。(Howell & Brush 1901).

もう一つの記録する機器は1907年にG. A. Gibsonによって作られ、それは信頼でき、正確な機器についての多くの特徴を持っていた。(Gibson 1908). 多くの点で、Martinの血圧計に似ていた: それはU字型水銀圧力計、圧迫用の幅広いカフやゴム球型のポンプから成り立っていた。圧力計の開放している端は水銀の表面をベースにしているポインターで提供されていた。それは脈波を記録する脈波グラフの機能をもっていた。記録するドラムはそのベース(台)の中の時計仕掛けによって動ごいた。

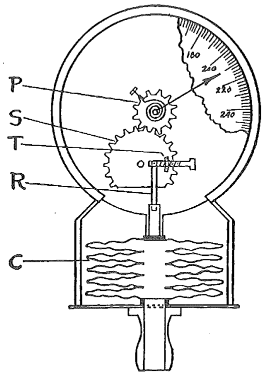


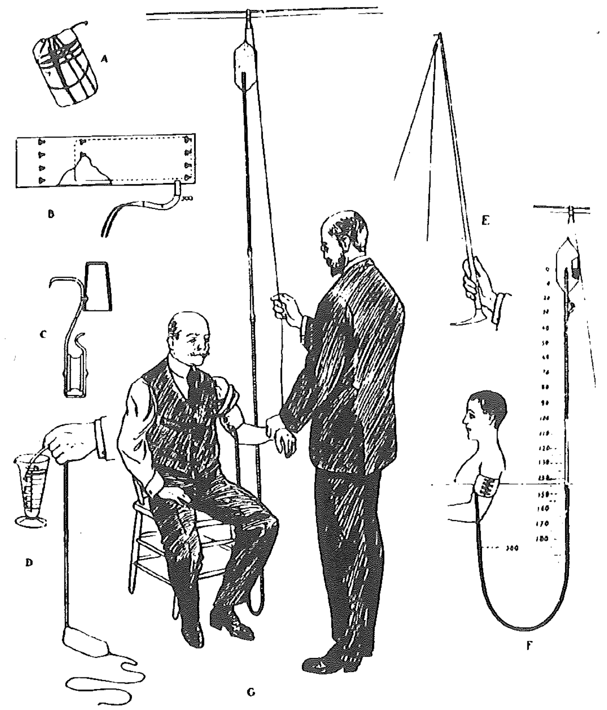
図 40 典型的なアネロイドの図

G. W. Norrisは1914年の本;*Blood Pressure: its Clinical Applications (Norris 1914).* の中に、数ある中で、Gingel, Singer, Silbermann, Brugsch, Strusberg, Muenzer, Strauss-Fleischer, BusseniusやWybauwによって考案されたずっと多い機器の動作ともに記録する圧力計を評価した。tonoscillograph(トンオシログラフ)と呼ばれる特に独創的な機器はJ. Pleschによって述べられている。(Plesch 1944). Pleschはその機器を発明してきたことを主張はしていなく、Charles Brimによる評価ではAbram Levine, ロシア医学校教授、が発明したとしている。Brimはこの機器はロシアからイギリスにそっと持ち出され、後にその権利はTaylor Instrument社によって引き継がれたと述べている。(Brim 1930). Pleschはロシアからドイツそしてイギリスに伝わって、その機器についてドイツ語で報告している。(Plesch 1931). 重い鋼製ゲージの機器は記録紙を露出するため開くことが出来る鋼製の蓋が付いていた。その記録は蓋が閉じられ、カフが加圧された後、ゲージ内の空気圧によって駆動される。紙はこのエネルギー源で動かされ、脈動が容器の中で起きて、その振動する空気圧が紙を動かし、ペンを駆動する。その結果として生じるトレーシングはオシレーション及び最小および最大圧力を示す。まったく同一の機器が「New Tycos Recording Sphygmomanometer' ニュータイ

コス記録血圧計」として紹介され、その記録計を駆動するため下部のカフを使っているダブルカフを採用しているのが唯一つの違いである。(Barr 1927). これらは恐らく共にLevineにより発明されたバージョンである。

Riva-Rocciの発明後、臨床現場に紹介された血圧計は重要な改良がされた。これらの機器の大半は水銀で満たされたガラス管が使われていて、他は目盛円盤型のアネロイド圧ゲージで動脈圧を計った。(図 40) 動脈圧を決める重要な点は、水銀圧力計を使いながら指での触診であって、アネロイドが使用されている場合は、ポインターの振動を観察することであった。失血した指に現れる赤らむ血のほてりの観察はGaertnerのトノメータおよびBouloumieの改良モデルで利用された。

多くの他の機器は20世紀の初期に紹介された。Brownの血圧計(図 A49 & A50)はA. W. Fleischerの入れ知恵で設計された。それはシカゴのPhysicians Specialty社によって製造された。その会社はBecton Dickinsonに併合された。より興味ある幾つか他の機器と同様に、NicholsonやOliverのような、持ち運び用として設計された。(図 A40; A43; A46; A47; A48). これらの個々の機器の大半はテキストの中で発明品を宣伝している。



BISHOP'S BLOOD PRESSURE DETECTOR

(Designed by Louis Faugeres Bishop, M. D.
Made by E. B. Meyrowitz, New York)

(A) Folded for carrying. (B) Cuff and scale (C) Hanger (D) Method of filling. (℥xii of water is allowed to syphon in after sucking out the air). (E) Hanging the pulley by means of a cane. (F) Diagrams showing hydrostatic principle. (G) Instrument in use The cuff is laced on the arm and the point on the scale opposite the level of the heart when the pulse disappears on elavating the reservoir gives the blood pressure in millimeters of mercury. The blue portion of the scale indicates low pressure, the white normal and the red high pressure.

図 41 血圧を測るためのBishopの機器

水を使って、持ち運び用に設計された興味のある機器がLous Bishopによって述べられている。(Bishop 1904) (図 41). 同時代の多くの人と同じように、Bishopは、多くの例で血圧が高くなっている要因は高い緊張状態よるとし、低い血圧は

重篤な病気であると考えていた。この研究は充分な評判を得て第二版まで発行した。(Bishop 1907).

聴診

触診とオシレーションの出現を観測する方法は収縮期血圧を見積もることがそれなりに正確になった。数人の医師は最小と最大圧は認識していたが、彼らの臨床的な重要性と意味合い(含蓄)はまだ充分理解はされていなかった。収縮期および拡張期血圧を日常的に決めるためには、もう一つの発見を待たねばならなかった;これは 1905 年頃に起きた。

Nicolai Sergeivich Korotkoff (1874-1920)は 1898 年に立派な成績で医師として卒業した。1904 年にロシアが日本と戦争していたので、軍役として召集された時は博士号の取得するための準備で忙しかった。この時期に、Korotkoff は Riva-Rocci の血圧計を使用しながら、腕カフの下の動脈の聴診をして聞えてきた音を発見した。彼は彼のメンターPirogoff の指導に従って、傷を負うた人々の arterio-venous fistulas (動静脈瘻)または aneurysms (動脈瘤)を除外しながら、恐らく興奮しながら音に耳を傾けていただろう。結果として、全ての血管を圧迫しているカフが開放されるにつれて、特有の音を作っていることを発見した。1905 年に、彼は戦争の任務から帰って、セント・ペテルスブルグでスタッフとして加わった。同じ年に、セント・ペテルスブルグの帝国軍医アカデミーに彼の報告書を提出した。(Ruskin 1955; Laher & O'Brien 1982). 発表中に、彼は聴取者からの疑いの質問に答え、後に、彼が述べた事を証明するため動物で実験を行った。彼は次のように述べている;

The cuff of Riva-Rocci is placed on the middle third of the upper arm; the pressure within the cuff is quickly raised up to complete cessation of circulation below the cuff. Then, letting the mercury of the manometer fall, one listens to the artery just below the cuff with a children's stethoscope. At first no sounds are heard. With the falling of the mercury in the manometer down to a certain height, the first short tones appear; their appearance indicates the passage of part of the pulse wave under the cuff. It follows that the manometric figure at which the first tone appears corresponds to the maximal pressure. With the further fall of the mercury in the manometer one hears the systolic compression murmurs, which pass again into tones. Finally, all sounds disappear. The time of the cessation of sounds indicates the free passage of the pulse wave; in other words, at the moment of the disappearance of the sounds the minimal blood pressure within the artery predominates over the pressure in the cuff. It follows that the manometric figures at this time correspond to the minimal blood pressure.

Nicolai Sergeivich Korotkov
Handbook of Hypertension; E. O'Brien and K. O'Malley より

彼が論文を提出したとき、先輩たちによって彼の発見についての拒絶反応は医療および人生なかではびるテーマになった。Private Dozent N. I. Kool'bin は「この理論に完全な用途がここでは示されてきていない。その音の幾つかの発生源は、ある意味では、この報告者により提示されたるものとは別の発生源から出ていると説明されうる。この疑問は、当然、解決されたものとしては考えることはできない」とコメントしている。'彼が発見について詳細に報告した Korotkoff の理論を提示し、出版になるまでは 5 年も経過した。'(Segall 1910). 結果として、Korotkoff の学術的経歴は、医療実務に対する永久的な貢献した人は、アカデミックな評価の観点から、彼の経歴においてそれ以上のものが何かがあったかもしれない理由について終わりのない憶測で終わってしまった。

Korotkoff 音の発見のニュースには、しばらく時間がかかったが、その方法が知られるやいなや、急速に受け入れられ、標準の臨床的方法として定着した。一つの論文が Fellner によって 1907 年にドイツ語で報告され、この方法を普及させるには重要な役割を果たした。Oliver がイギリスで血圧測定に聴診法を紹介するための刺激的であった。Fellner が Korotkoff の観察については見過ごした革新者であったか、単なる伝達者であったかはわからない。(Fellner 1907). 報告書中で、

Fellner は 「私の手順について続いて個人的証明をしている時に、ロシアの医師が聴診器で血圧を計っていると言われたが、私は如何なる詳しい事は知らなかった。」と述べている。 どこの誰かについて誰が知っているかに関係なく、Fellner は von Recklinghause のオシロメトリック方法で最小限の相関データを提示しただけで、彼の報告書には Korotkoff についての包括的な証明には欠けている。Korotkoff について、Fellner が二度と何も語られなかったのは興味深い。しかしながら、その重大なギャップは Fellner の優先的な関心事は高血圧で、この時期に、この分野では名声を裏付ける多くの本をあらわし、誰もが認める権威者になった。

聴診器は結果として血圧測定の必須の部品となった。George Oliver (1841-1915)によれば、イギリスの医者が Korotkoff によって書かれた音を知るまで 5 年もかかった。Oliver はしばらく前から血圧測定に携わっていた。彼は 1908 年または 1909 年に圧縮空気の血圧計を紹介した。1910 年 6 月 28 日に、非常に面白い情報源があることを Royal Society of Medicine (王立医療協会)に論文を提出した。(Oliver 1909-10). 彼は 24 回国際医学会議中、1907 年に、ヴィースバーデンで開かれ、ドイツの発表者が「数人のロシアの医師達が実施している・・・」方法について聞いたことがあると述べた。後に、この論文で、Oliver は彼が知る限り、英国の医師達では、この方法を使ったり、これについて記述したものはない、そして非常に控えめに、彼が Korotkoff の聴診法に注意を向けた最初であると暗に述べている。その時、彼はその装置をデモし、それは聴診器の代わりとなるイヤーピースを組込んだ' resonator (共振器)－カフの中に組込んだ新しい機器が含まれていた。Oliver は、また我々が今日これらの定義を理解しているような本当の意味での収縮期と拡張期圧について述べている.Oliver によると、コロトコフ法は 1910 年に､英国で示す前に､既にアメリカで使われていた｡しかしながら、フラデルフィア出身の Gittings は、また 1910 年に、この方法は、多くの観察者によって採用されていたけれど、アメリカの文献では議論されたことはなかったと述べている。Oliver は 3 版まで続けた重要な論文などを出して、彼の名声にたいする多くの重要な貢献をしている。(Oliver 1901; 1916).

血圧測定における聴診に対して最も重要な貢献は、音の出現、消失に対して明確な 5 つつのフェース(層)あったと事実を認識したことで､5 番目のフェースは音の消失する点である｡(Ettinger 1907). Ettinger はこの調査の責任を担うとして承認された。(Ettinger 1907). この件については、拡張期にあたる部分(成分)はどの音が代表しているかについて 20 世紀の後半まで続けられる論議が始まった。Ettinger 自身は､Gittings, Goodman や Howell とともに第 5 フェース(音の消失) (Gittings 1913; Goodman & Howell 1911).を採用した。第 4 フェースの支援者は Fischer (Fischer 1908)や他の人達であった。Warfield (Warfield 1913)は聴診法をオシロメトリック法で比較し、第 3 番目の音の muffling (消音)する点はオシロメトリーを正しいとすれば､拡張期圧に対応すると結論づけている｡彼の論文では､

Fischer は聴診法とオシロメトリック法を比較し、聴診法がより簡単で信頼性があると提案している。

Weysse と Lutz は Erlanger の機器の結果を聴診法で比較している。(Weysse & Lutz 1913). 彼らは Erlanger の血圧計による最高圧は、最小限の小さい変動で第一フェース音の始まりと一致していると報告している。最小圧は第 4 フェースと関連づけられた。彼らは第 5 フェースは最大オシレーション(振動)より後で起きているので、それを拡張期圧の指標を使うべきではないと論議している。これはまさに人間で拡張期圧について真の間接測定を論じている論文の主役の一つであり、1950 年代に入ってその判断基準は再びを変えて反映された。

聴診に関する初期の論文では音の発生源を論議し、違った診断で、彼らの特性を利用された。Fischer は強くなっていく音をともなう高い血圧では、第三フェースは引き伸ばされる(Fischer 1908).

オシロメトリック法が長年、聴診法以上に多くの人によって好まれ、特にフランスでは好まれた。(Pachon & Fabre 1934). Pachon はフランスでこの方法が流行ったのは Gallavardin, Tixier, Vaquez や Laubry によるとしている。

Gallavardin は彼の本の中で、聴診法はオシロメトリック法より好ましいが、彼は後者(オシロメトリック法)にかなりの紙面を割いている。(Gallavardin 1920).

The Baumanometer (バウマノメータ)

現在まで製造されて続けられた非常に高い正確な血圧計の不朽の商品群は 1916 年 William Baum によって紹介された。これらの機器は正確で携帯型であった。興味深いのは、Hawksley は、Britain (英国・ブリテン)の最も古い血圧計製造メーカで、ここで述べられてきた多くの機器を製造し、3 回にわたって違う時期に、Baum (バウム)によって所有された。(図 A57).

William baum は Life Extension Institute (抗老化医学研究所)で働いていて、医者達が頻繁に検査している血圧測定値が明らかに不正確であるのに気が付いていた。彼はこの問題によって、前の会社にいた時に得た知識で彼自身の機器を研究することに刺激された。彼は手短な回顧録の中で、「血圧計という言葉は評判が落ちてきたので、・・私は自分の機器を Baumanometer と呼ぶことにした」述べている。 (hayes M. 個人的な通信). 彼は 1916 年の 5 月にブルックリンの Dr L. Marden に、彼の最初の機器を売った; 結果として、それは米国および多く他の国でも最も優れた血圧計になつた。(図 A51; A58; A59; A62).

血圧測定の Baum の不満は、医療保険の理事の刊行本の評価によって、真価が認められた。(Joint Committee 1925 のレポート). この刊行本では、その保険の理事たちは数社は 1906 年初頭に収縮期圧を取り始めたが、その方法は未熟で信頼性できるものではなかったと述べている。1911 年頃までには、大抵の会社は収縮期圧は取っていたが、拡張期圧が記録されたことは 1918 年ごろまでなかった。その際、この報告書その圧がどの様に得られたか、またその信頼性はどの様に決められたか、まったく情報もなく広範囲な保険統計表を作り続けていたと述べている。

1926 年の特許の申請では、Baum は非常に明確に血圧計の開発における問題について述べている。

---

closed end or compressed air and fluid instrument[s]...[operate]...at the expense of accuracy, due to variations in the compressibility of the tube-confined air ...the open and instruments....[problem are]...spilling of fluid...adjustable scale whose 'zwro' mark is required to be brought to the level of the fluid...fluctuation of the fluid column...'air pockets'...breakage...(Baum 1926)

これらの問題の大半は彼の発明によって解決され、1931 年 9 月 1 日付の特許は金属容器と取り替え可能な圧力計を述べている。これは重要な革新と言われていたが、金属容器および取り外し可能なガラス管はもともと 1903 年に Stanton にて紹介されている。

Riva-Rocci 機器の導入後、水銀式圧力計の開発に非常な重点を置いてきたが、また多くのアネロイド機器も発明された。数人の研究者はアネロイドおよび水銀機器の両方を紹介した。Tag-Roesch 血圧計、例として、およそ 1910 年頃の日付で、スケール(目盛)に圧力を伝えるため数枚のプレート(板)と一連のアネロイドドラムを使っている。(図 40). Rogers, Faught, Tycos および Sanborn たちも全く似た機器を作っている。(図 A19-A29). Tycos がこれらについて最も成功したようである、と言うのは、彼らの多くの機器に出くわすからで、そうは言うものも他の会社もかなり豊富であった。アネロイドの主な欠点は較正が必要で、もし目盛がドリフト(ずれて)いれば、不正確な測定値がでる恐れがある。

加圧機器

新しい血圧計の数はそれなりに印象的であるが、そこには数年にわたって紹介されたいろいろな加圧機器がある。Riva-Rocci は金属製のポンプを使っていて、他の研究者は自転車の空気入れ器にた機器を使っている。バルブ付の Politzer バックは血圧計の初期の多くのモデルには非常に普及した機器であった。これはもともと eustachian canal (耳管)の加圧用に発明された。(Hamilton 1872). Von Recklinghausen は 1925 年に、上部にリリースバルブを付けた床立型の注入器を紹介した。(von Recklinghausen 1925). 金属製のポンプは Faught により、その後、他の人々によって使われた。Faught のサンプルは図 42 に示されている。

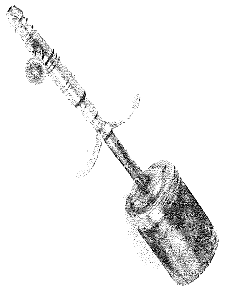


図 42 金属製
血圧ポンプ

他のタイプの金属製のポンプは、シリンジに似ていて、Boulitte (図 A32)によつて作られれ、オシロメータに組込まれていた。よりエレガントなポンプも考案され、そして再度 Oliver が実用性はなかったが、図 43 に示すような美しいポンプを示した彼の独創性を示している。

汎用の release valve (逃し弁)付のゴム球が殆どの機器に使われ、その開発過程で徐々に改良された。圧力計とは違って、これは信頼性と実用性を得るために長

く複雑な改革を経験して、ポンプは殆ど問題もなく、そして殆ど注目もされなかった。

標準化

図 43 Oliver の圧力機器

血圧計の問題、長所および短所が標準局の重要な資料の中で明確にはっきりと評価された。(Wilson *et al.* 1927) この報告書は 1917 年に標準局の航空学機器の項目によって 1917 年に始められた血圧機器の評価の追跡がある。非公式の報告書は 1921 年に発表された。この報告書は血圧測定の 3 つの方法について述べている。、触診(収縮期のみ)、オシレーションと聴診についてである。これは聴診法を最も正確であると認定している。この時は、音の最後の変化の点を拡張期圧にしている。幅広いカフの必要性は、少なくとも直径(腕周) 12cm が、容認された。U 字管と容器の圧力計の差は細かく議論された。(図 44). より正確な容器のタイプは精度が上がれば、mmHg 単位の変化をより大きく振幅するものである。この報告書は、またはっきりとそして正確に水銀とアネロイド機器の問題を評価している。この試験で、圧力の平均誤差はアネロイドでは 3.8 mmHg、水銀計で 1.5 mmHg であった。

この時に試験された幾つかの機器は付録に図が載せてある。(図 A20; A21; A23 と A24(アネロイド) A39; A49; A52; A55; A60 と A61 (水銀)). この報告書は米国で血圧計の性能の基準を確立した。

血圧の話に興味深い逸話では、高い血圧について、リバプール心臓病院の I. Harris は圧をどの様に計り、または彼はどの様な機器を使ったかは述べていない。この事は彼らの著者の発明について展開していった多くの初期の本や、科学的な方法論を警告する軽視の無視した表示とは興味深い対照である。

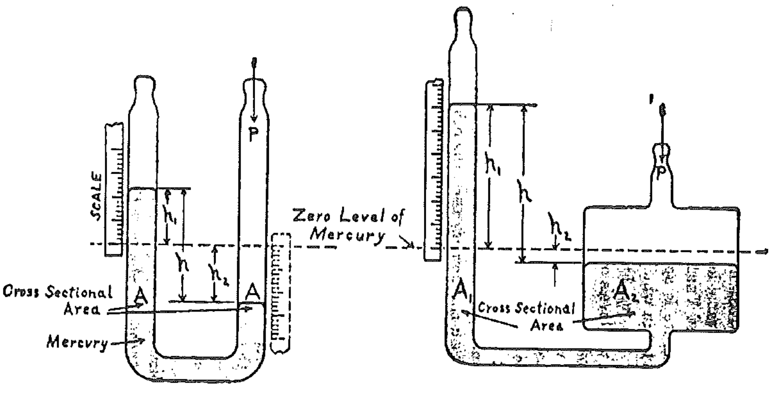


図 44 簡単な U 字管の上の容器圧力計の長所

患者の準備

これらの初期の研究のどれにも患者について被験者としての準備に注意をはらったものは全くと言ってない。初期の殆どの教本やオリジナルの論文は、患者が検査される時の状態(条件)の全ての条件について全く述べていない。大部分は血圧は、多くの個人では年齢および性別はバラツキがあっても、健康であれば一定とみなされている。姿勢の影響、同一個人での繰り返しの測定や測定の再現性は殆

ど無視されている。血圧について、いろいろな生理学的な操作の影響について広範囲に議論されているが、これらは基準化されていない。それは主に、血圧を計る最も再現性のある方法について詳細な測定をする大規模な疫学的測定の到来があった。それはこれは数施設で取られた測定値を比較し、それらの値が比較できる確かであることが必要とされた。保険会社でさえ測定の初期で標準的な基準殆どまたは全く無い状態での血圧値を試みた。

血圧につい重要性についての理解は、改良され、正確になった機器による観測を通して深まっていった。この生理的な変化を計る簡単で迅速な方法の適用は、現在の医療実務に重大な影響及ぼしてきた。それは診断、モニタリングや治療に対する影響は、殆どの医療の訓練にも持込まれた。

脈の触診やその判断は 4 千年間日常の身体の検査の一部として行われてきた。残念ながら、触診によって課せられた脈の質的な解釈は、測定者の間の大きなバラツキをともない、血圧については初歩的な理解を提供しているだけであった。我々はこの経験から得られた以上のものは何も期待できなかった。

中世の医師達は、長い期間の徒弟制度の後、その脈を一貫した検査をする十分の経験を積んだ。身体の診断する訓練されたトレーニングは、その当時の医療知識の状態では正しい結論に達すことができた。実地の身体の診断の素晴らしい腕前は、現在の医療実務ではその逆効果で急速に失われた技能となった。幾つかの現場での診断についての古代の文献の中にある素晴らしい出来事の歴史や即座に旨く行った成果などは、残念ながら今や逸話以上の何物でもなかった。卒中(発作)についての臨床的紹介は古代の人によって文章化されていて、そして、およそ 5 世紀後も、その診断については続き、圧迫することが難しく、鎮まるにはゆっくりした pulsus densus の存在であるとされた。これらの特徴は、高い動脈圧と関係づけられた脈について、かなり詳細な記述がなされている。この実例は、多くの制限があっても、触診の技能から重要で有用な臨床的情報を提供することが出来た。

確かに、脈の触診は現代でも捨て去るべき役に立たない方法ではない。脈拍数は臨床的検査中、何時も記録されるべきで、心臓リズムの異常性の診断には、心電図や聴診器で確認する前に頻繁に触診によってなされる。血圧測定中は、収縮期血圧は聴診検証の前にカフに加えられた圧を決めるため触診にて知る事ができる。格言「脈の上の指」は臨床医療であらゆる経験をした指導者にて教えられ、特に、高いとか低い血圧、および不整脈は論争され、正される頻繁に起こる問題がある状況では、絶えず生理学的な兆候にフォローしなければならない麻酔科医には特に必要とされる。

脈波グラフ計の進化は、医療において新しい技術および材質の導入や発展してきた結果である。Marey や Vierordt によって開発された初期の機器は人の生理学を研究するのには研究室では重要な役割をしたが、使うには便利ではなかった。その後の機器は、非常に簡単で、サイズも小さくなり、動脈の上にあてる圧力の調整する機器を備え付けられ、だんだん使い勝手および信頼性も良くなった。これらの改良にもかかわらず、機器よりも触診により脈の検査に執着する多くの医師達によって論争が続けられた。これらの欠点や不完全さとは無関係に、改良された脈波グラフ計は多くの念入りに考え抜かれて使われ、注意深く、血圧および

異常をともなう病気についての我々の理解の発達に重要な役割を果たす研究が注意深く行われてきた。

彼は1875年から1920年の間に開発された多くの機器に貢献したSir James Mackenzieの短評は、同時の幾つかの不満を映し出している。1913年の彼の本の中で、それは3版であったが、彼は次のように述べている;

A great deal has been written about blood-pressure and its estimation in practical medicine; but it must be confessed that much of it has been of little practical value, and much observation, extending over many years, of individual patients, will be neccessary before any sure and certain results obtained... in many cases one can corroborate by instrumental observation the knowledge previously acquired by fingers. (Mackenzie 1913).

19世紀中頃の初期の数人の研究者はMareyの脈波グラフや他の類似の機器のお蔭でススを塗った紙の上に脈の記録を簡単に描き出して、ジキタリス薬、硝酸塩薬や心臓の運動などの効果を証明した。Frederick Akbar Mahomed (1849-1884)の観察は相対的には限定された手段であったが、観察力を開発した実例である。彼の改良した脈波グラフ計を使って、高い動脈圧は、本態性高血圧であると述べて、腎臓の併発前の蛋白尿無い状態を示す可能性が有ることを確立した最初の人であった。

臨床的な成果を出すため、血圧測定が適正な精度をもって確立するにはPoiseuilleとLudwigのキモグラフの紹介からほぼ100年かかった。この進歩は圧力計だけでなく各研究者の血圧を計る技術にもよる。高血圧の障害の定義でも徐々にではあるが、理解が深まってきていることもあきらかである。高血圧患者はもともとはMahomedによって論議されたブライト病(腎臓炎)が含まれている。後に、その定義は老人性多血症、高血圧症または本態性高血圧も追加された。高血圧心臓血管の病気は1913年にT. C.Janewayによって名付けられた。

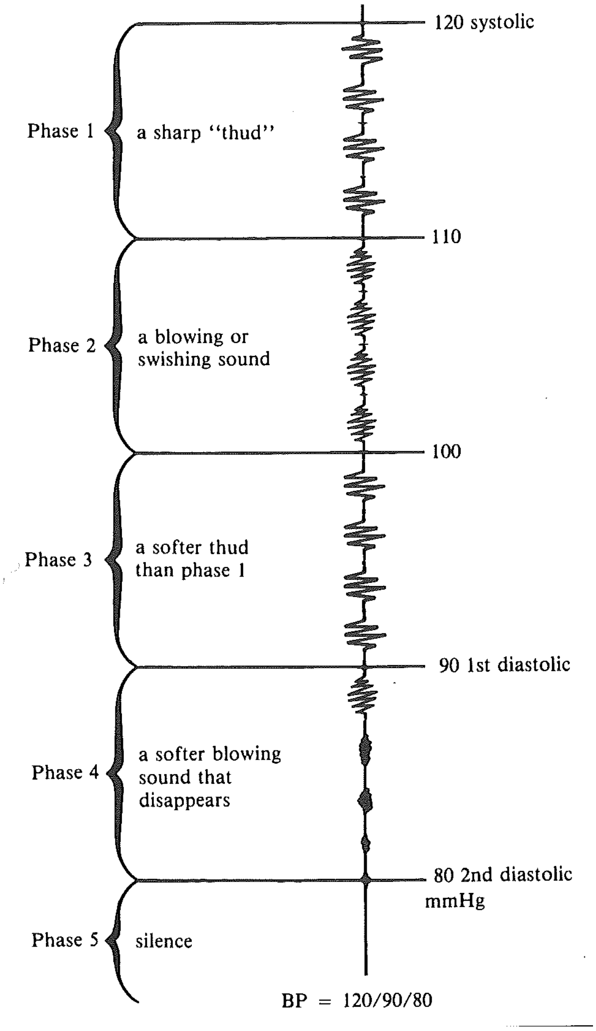
ただ収縮期圧に加えてより容易で信頼性のあるものを得るには1905年に拡張期音を述べたKorotkoffおかげである。他の多くの人により、この音自身は以前から知られていて、恐らく、その最も古いのはMareyであるが、この音を利用することに気が付かなかった。Korotkoffの発見は、医師達に伝わるのに数年かかり、臨床現場でその地位を定着させた。この方法の認知は、ロシアからドイツへ広がったか、Fellnerによって、同時期に発見されていた可能性もある。その創始者が誰であろうと、文献でははっきりと、ドイツ人はvon Recklinghausenによって普及させれたオシロメトリーを使い続けていたにもかかわらず、医師達は足早に切り替えたと示唆している。イギリスではOliverからその技術を学んだ。Oliverはこの技術は既にアメリカで使われているものであったと論文で記述している。米国に誰がこの方法を紹介したかははっきりわかっていない。フランス人は長年オシロメトリック法にどっかりと頼り続けた。1934年も終わりに、Pachonによ

る評論はオシロメトリックを最良のものとして強力に擁護している。(Pachon & Fabre 1934)

後で、Korotkoff 音はドイツ人により 3 フェースの記述から 5 フェースに再定義された。これは聴診器を血圧測定の手段には欠かせない道具にした。

最近、この音について容認されている区分けは、次の通りである。

フェースⅠ	音の出現 (収縮期血圧)
フェースⅡ	murmur (サラサラいう音)のはっきりした音
フェースⅢ	強烈に音が増加
フェースⅣ	音がはっきりとした muffing(包む)ようになる
フェースⅤ	音が消失する(拡張期血圧)



Korotkoff 音

血圧の意味の概念の革新とその測定が、適正な機器が利用できるようになったずっとあとになって起こっている、その年月の経過には驚かされる。

我々は Frederick Tice (Tice 1923)によって編集された *The practice of medicine* の中の幾つかのコメントから、1920 年代の機器についての医学的見解について幾つかを知ことが出来る。Alexander lambert によって、章 6 に心臓血

管研究における正確な機器について紙面を割いている。彼は以下のように述べている。

[A] sphymograph in reality is an instrument which gives a graphic description of the pulse, and a polygraph giving several curves at the same time. The only instruments today of practical value are the polygraphs which register the curves from the juglar vein or from the radial or brachial artery....

彼がペンがススが付けられた紙に代り、汎用の血圧機能付きの Mackenzie のポリグラフにアメリカ人の Dressler による改良型を引き合いに出して語り続けている。(図 A64).(Tice 1923). 彼はまた完全な弧を描く Zimmerman の機器を推奨している。これは実際は Uskoff によって発明された機器である。この機器は、血圧を mmHg で、頸動脈の脈か、頸静脈の脈か、心尖拍動か、または上腕からの動脈脈拍を一秒の 1/5 秒単位で同時に記録している。

もう一つの見方は Russel による脈拍計で小論文について述べいる。(Russel 1921). 彼は血圧測定は血管の壁の厚さによって非常に影響され、「最近の haemomanometers (血圧計)や脈拍計［*sphygmanometer* と呼ぶのに対し *'sphygmometer'*との定義使っているようである。］は幅広く使われ、医師達の中には、今まで得る事が出来なかった精度で血圧を決定できる手段であると支持している」ことを力説している。これに対して、彼は、他の研究者達に気を使い、臨床現場でこれらの機器の価値を容認しながらも反論している。彼はまた 'hypertension (高血圧)'および'hyperpiesis'の定義に疑問をもち、'hypertonus' (筋緊張亢進)の定義を好んで使った。彼は観察される血圧は、動脈の壁および筋肉の鎧の hypertonus(筋緊張亢進)によって現れるた構造的な変化の血圧であるとしている。この考えはもう一つの初期の論文にも著わしていて、機器が進化したこの時期においてもかたくなに固守しているようである。(Russell)　彼は Oliver の携帯型圧力計を、水銀の代わりに蒸留酒を使っていて、それは全く不正確であることに気付くことなく Oliver の携帯型血圧計を好んで述べているのは興味深い。彼の後の論文の中でも、いまだに Oliver の血圧計使っていたようである。

Rolleston および Moncrieff によって論文は、もし混乱しても、観察に対して幾つかの啓発するものがある。(Rolleston & Moncrieff 1942). 拡張期圧は音が消える点というより変化する点である。無症候性の患者に薦る治療はストレスを和らげて、清潔にすることである。H. J. Starling による章は hypotension (低血圧)は臨床上重篤な病気であるとして紙面をさいている。大動脈の病理学的変性は高血圧が原因であるとしている。見解について有名なポイントは Stieglitz によって記録された。：

It is important to distinguish between hypertension and hypotension as abnormal physiologic states and as diseases. Either is but an exaggeration of a

perfectly normal and vital physiologic phenomenon....It is only when an undue increase in tension has persisted for some time, and distinctive changes, both functional and anatomic, have occurred in the arterial structures, that we may consider the process as constituiting a disease. (Stieglitz 1935)

1944 年の終わりごろ、Goldring と Chasis は書いている；

We have been impressed with the relative benignity of increased blood pressure in the large majority of patients, and with the facts that increased blood pressure per se does not produce subjective symptoms and that the actual level of blood pressure does not neccessarily reflect the severity of the disease. (Goldring & Chasis 1944).

我々はこれをミスガイドな記述とみなすかもしれないが、前向きに捉えれば、それはこの章は幾つかの詳細な多くの測定のための方法論を記述して述べている。多くの同時期のテキストは方法論は配慮することなく、ただ血圧の値を報告するだけであった。

高血圧の性質について専門家の間での初期の論争は殆ど解決され、高血圧と正常血圧の間にはっきりした線を引くことは難しいことが認識されてた。(Pickering 1955). 心臓血管リスクは直接的には上昇していく血圧と関係付けられた。多くの場合、糖尿病と比べられ、病気を定義することが難しくたえず基準値を変える結果になった。とはいえ、高血圧ように、血糖値が基準を超えた場合は重篤で間違いなく病気になると言う事は疑う余地はなかった。

糖尿病のように、高血圧は高血圧心臓血管病の重要な因子である。これらの概念は広範囲に行われた統計的研究にもとづいて得られたものである。このような科学的な方法は Riva-Rocci の簡単な発明に基づいた機器の使用無では適用できなかっただろう。1914-18 年の戦前および戦争中に導入されていた機器は全体としては統一的で適正な基準がなかった。

機器の標準化がなされると、血圧測定の技術は合理的に再現できた。この方向への最初の動きは 1917 年に米国標準化局によってなされた。その最初の報告は 1921 年に出版された。標準化局は機器が定められた基準内の性能であった場合のみ、個々の血圧計に証明書が与えた最初である。(Wilson et al. 1927). 今世紀の第二四半期に、それらを使う技術も運用できるようになった改良された血圧計は、後の疫学研究を促進するため要求された精度と正確さを満たすようになった。

1939 年に、臨床医学は血圧測定のガイドラインを提示することで、さらに一歩前進した。これらは米国心臓協会と英国とアイルランドの心臓学会の共同勧告の形で始まった。この勧告は 1951 年に改定され、それから 1967 年および 1980 年に再度改定された。(Kirkendall et al. 1980). 彼らは定期的に更新続けられている。

勧告の幾つかの設定は世界保健機構で同時に出版され、ガイドラインは高血圧の治療および予防に大きな影響を与えてきた。

1939 年の初版の勧告は拡張期血圧として Korotkoff 音のフェースⅣフ；またはmuffing (包むような音)採用することにした。これは 1951 年にフェースⅤに変更され、それから、この勧告は 1967 年にフェースⅣとフェースⅤの両方を記録することにされた。1980 年の勧告はフェーズⅤを使うように忠告したが、しかし、幾つかの条件では、例えば、そこに hyperkinetic (運動過剰亢進症)循環がある場合の子供や妊婦の血圧の測定では、フェーズⅣがより適正であると考慮された。

製造メーカはかなりの性能で安定した機器を販売してきた。これらのプロセスは標準規格のガイドラインを出してきた国の委員会によって、さらに強化されてきた。これらの努力が機器のバラツキによる血圧測定におけるエラーを顕著に減らしてきた。しかしながら、エラーはこれらの機器の測定者(測定者の偏見)または使用者に起因していて、その側面は多くの研究者によって調べられている。血圧計はこの問題を克服するために考案されさえした。最も有名なのは Random Zero Device (ランダム・ゼロ・ディバイス)で、英国の Hawksley によって作られた。この機器は、技術者はそのゼロ点がはっきりするまでは血圧を知り得ないようにゼロが変える調整機能を有している。(Wright & Dore 1970). しかし、このように精巧な機器でさえ、測定者の好みによる数値のからのエラーがある。幾つかは測定者が正確な測定をできるようにさせるため、訓練や検査をより厳格にするよう強く奨励し、それが結果的に診断や治療の決定を改善させることになるとしている。(Michael et al. 1992).

今世紀の最後の四半期はコンピュータをベースにした自動非観血血圧記録が導入されているのを見るようになった。この時期のテーマはこの本の範囲外である。この水銀血圧計とアネロイド型は多くの重要な疫学の研究に使われた、そして未だに病院、クリニック、診療所で使われていて、何処でも大量のスクリーニングが行われている。治療および公衆衛生機関の決定をベースとしている全てのデータは、これらの機器を使って得られたものである。さらに、生命保険の統計データは、実際の計算して作られるが、これ等の簡便な機器を使って集められたものである。

幾つかの高血圧のための基準作りに必要から、大衆の血圧の分布を調査する実施するように強要した。多くの委員会が研究しているが、殆どのデータは米国から出てきた。これらの研究は高い血圧の有病率は直接年齢と関係していると示している。それは 30 年代の 10%から 70 年代は 60%以上まで変わる。アメリカ人の人口のおよそ 30%は高血圧で悩まされている。アメリカの高血圧における毎年の発生率は中年では 1-2%として見積もられてきたが、60 歳以上の大人では、ほぼ 8%まで増加している。(Whelton et al. 1994).

東ヨーロッパの国々はいまや心臓血管病という伝染病に直面していて、それはかって西ヨーロッパでかって最大に達した時の 2 倍で流行っていることは興味深い。(Ginter 1997). 携帯の血圧計を使って集められたデータとその信頼性の正確

さは、小資源の国々おいては、この傾向を理解し治療することは最も重要なことである。

高い血圧の因果関係に関わるメカニズムをよりよく理解をすることで、複雑さを最小にして、羅病率と死亡率減らすことに寄与してきたことは疑いもない。高血圧の病態生理学について、我々の理解に重要な貢献者は Harry Goldblatt によりなされた、彼は 1934 年は高血圧のメカニズムについて彼の理論を一歩進めた。彼は腎動脈を徐々に圧迫するクランプを発明し実験的に腎性高血圧を作った。(Goldblatt et al. 1934; Ganong 1995). '本態性'高血圧の腎臓の役割は進行中の調査や議論されているもう一つの議題である。

交感神経の役割として、レニンーンアンジオテンシン系や多くの他の要因が評価され、適正な薬品が経験的ベースでなく道理にかなって高血圧治療に導入されてきた。アンジオテンシン変換酵素阻害薬はさまざまな高血圧条件で血液動態パラメータを改善するために現在使われている薬の一例である。これらの薬は末梢血管収縮を減らし、腎臓の血流の流れに有益な効果を持つ。多くの他の薬剤、Ca チャンネル阻害薬、β遮断薬、α受容体遮断薬や利尿剤などは、病態生理学の理解に基づいて、高血圧の治療に重要な役割を果たした。これらの薬のコストや高い血圧の合併症の治療には非常に大きい。高血圧の薬剤のコストおよび合併症の管理は非常に重要である。この費用は予防計画をより効果的に作って、危険因子を認識しその方略を導入して減らされうる。予防計画、新しい治療や食事制限は動脈圧における改善について正確な理解をすることに大きく依存している。医療経済学者の意見では、医師達、看護婦および医療従事者がより正確なデータを集めるために、血圧計の適正に使用するための訓練するための投資はその費用に対する見合う価値があると言っている。最近の実証では、より安価な利尿剤、高い血圧を抑えて合併症を減らす高価な薬と同じ効果があると指摘している。代りの治療法は旨く試みられ、もしが測定結果において正確で矛盾がなければ、審査された成果は成就出来たと言える。

麻酔での実践は安全性における重要な改善は生体パラメータをモニタリングにおいて、特に手術中に繰り返し血圧測定に対して依存しているもう一つの重要な分野である。最新鋭の外科的な手順は麻酔の中で、覚醒状態によって可能になる。麻酔は 1847 年に以来実施されてきたが、麻酔中の非観血的血圧測定は 1897 年に始めてモニターされた。－50 年後である。(Hill & Barnard 1897). 血圧の念入りなモニタリングが確立するようになったのは、さらに 50 年かかった、とはいえ血圧を含めて一セットとしたパラメータを必須としてモニタリングするようになったのはほんの最近のことである。術中および術後の羅漢率および致死率は 1986 年にモニタリングについてハーバード基準が導入されてから著しく改善された。(Eichhorn et al. 1986). 同様な改善の傾向は救命救急医療にもみられる。

それは患者ケアとは関係ない様に思える、血圧測定に気になる物議をかもしている面がある。 欧州経済共同体が 1971 年に水銀のミリメートル(mm Hg)を、血圧測定を含めて、生理学的圧力をキロパスカル(kPa)で代える指令を発行したこと

である。この指令は1977年終わりが実施期限になったが、もちろん自動機器というのはボタンを押してどの目盛も表示できるけれども、幸運にも反対の声で機器の目盛に対して如何なる変更も許さなかった。幾つかの医療雑誌は同時に両方のスケール(目盛)で発行している。1パスカルは7,5006mmに等しいか、1mmHgは0.133kPa (Rose 1978) に等しい。Stephen Halesは馬の血圧を8フィート3インチと測定し、それはおよそ184 mmHgまたは24.5 kPaになり、それはもし貴方が馬の血圧を計ったら良い尺度(目盛)であったであろう。人間では、平均120/80 mmHgの血圧は近似的に16.0/10.7 kPa.になる。機器に目盛るそのような煩雑な範囲は、決して臨床成果における改善とは決してならない。

的外れな心配のもう一つの分野は、公衆衛生ハザードの理由で血圧計において水銀の代替えについてである。この著者達は血圧計に水銀の使用によっててひき起された病気の証拠については聞いたこともない。それはガソリンの使用を禁止する論理のようにも思え、それは非常に有用性があるにもかかわらず、人がそれを吸入するので潜在的な危険性の理由とするようなものである。

7. 血圧測定の生理学的特性とその測定装置

a) 圧力脈の形状

動脈回路での心臓サイクルは図 8-1 のように表現されている。この脈の特徴は主として 3 種の数値で圧力を分類され、収縮期圧(Systolic)、拡張期圧(Diastolic)、平均圧(Mean)から成り立っている。また、圧力脈波は 2 種類の脚をもち､上昇する Anacrotic(アナクロティク)と下降する Dicrotic(ダイクロティク)を持っている。

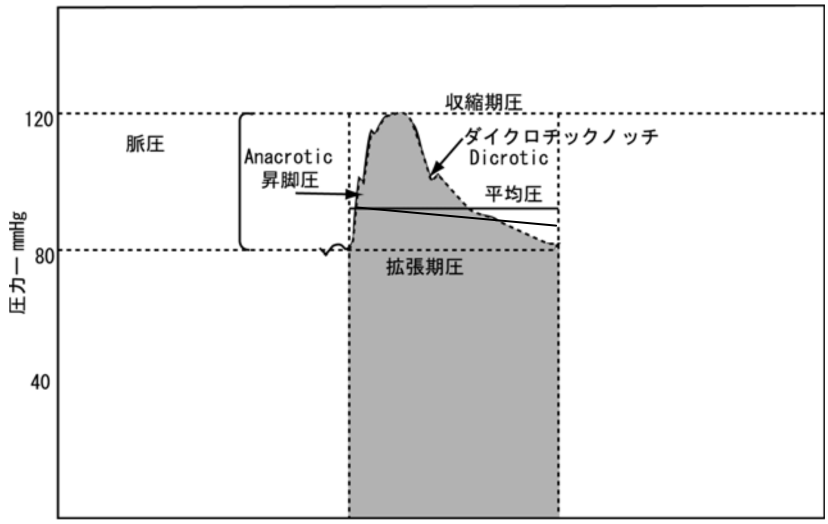


図 8-1 圧脈の図的表現

大動脈弁が開放されると血液が拍出され、一気に波形が立ち上がり Anacrotic 波が現れる。大動脈弁が閉じると Dicrotic notch(重複切痕)ができて､Dicrotic 波が現れ､緩やかに下降し拡張期圧に移行する。収縮期血圧は左心室により吐出される血液の力と量にて決定され、拡張期血圧は動脈枝の分岐による量の置換に対する抵抗にて決められる。また収縮期血圧値と拡張期血圧値の差が脈圧になる。圧脈波の形状は動脈の分岐枝を通る時、末梢から反射された戻る脈との重畳によって変化する。

b) 血圧と圧脈波の伝搬速度

圧力脈波は末梢側の動脈血管に伝搬される速度は、動脈の固さによって変わり、動脈硬化が進むと速く伝わり、健常人では遅くなる。これを利用して、動脈硬化の度合いを計る測定装置も販売されている。圧力脈波は 4-5 m/s で伝搬するが、動脈内の血流は 0.5 m/s 程度と言われている。動脈内の血圧と圧力脈波の関係は、アドリアン・メーンズとディーデリック・コルテベーグにより別々に提唱されたので、Moens-Korteweg 関係式と呼ばれ、その式は下記に示す。この特徴は動脈壁の非線形弾性により、コンプライアンスは動脈圧の増加と共に単調に減少するため、圧力脈波の速度

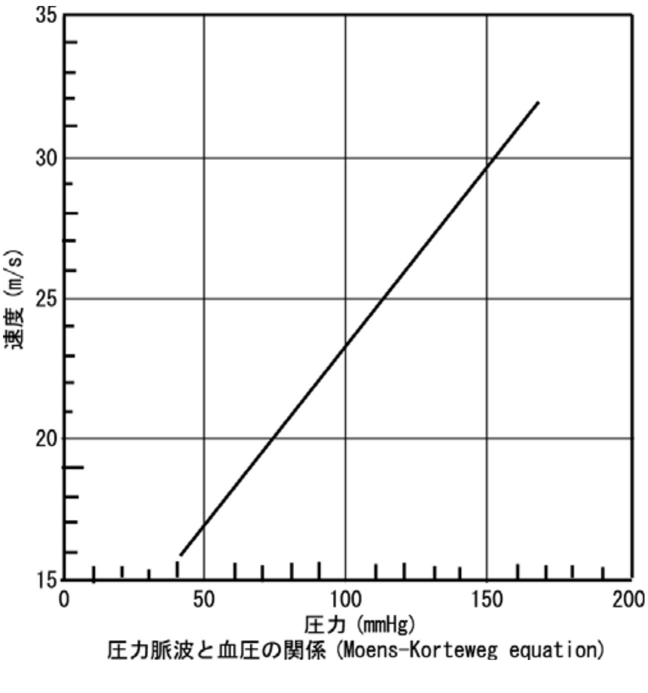


図 8-2 Moens-Korteweg 関係式

と血圧は単調な関係にある。

$$\mathrm{PWV} = \sqrt{\frac{Eh}{2\gamma\rho}}$$

PWV: 脈波伝搬速度-*Pulse wave velocity,*　h: 血管壁の厚さ、　ρ :密度、　γ: 血管の半径
E: 血管壁のヤング率
普通の健常人では PWV=5m/s と言われている。動脈硬化が進むと血液の粘性・血管の粘弾性により、8~10m/s になる。

c) 非観血血圧測定法－オシロメトリック

多くの研究者は上腕カフの減圧過程で、カフ内の圧力とオシレーションと関連付けで、動脈内の収縮期と拡張期圧の関係を明らかにした。この現象により、血圧の間接的に測定するためのオシロメトリック方法が考えだした。

上腕を空気カフにて収縮期圧以上に加圧した時、オシレーションがまだカフから記録できる。これらのオシレーションは動脈内の拍動が圧迫カフに伝わっているからである。カフが減圧されていくと、部分的に開かれた動脈から血液が噴出して、カフ内のオシレーションの振幅が急に増加する。この点は収縮期血圧とよく一致する。減圧がさらに進むと、これらのオシレーションはその徐々に振幅を最大値になるまで増加し、それから減少し始める。当初は、最大のオシレーションが急に減少する点が現れ、この点を拡張期圧に相当すると考えられた。これらの基準は 20 世紀の始め頃は、医師達によって直ちに受け入れられていたが、経験からこの点は必ずしも明確な拡張期に対応していないことが示され、拡張期のエンドポイントにはならなかった。そこにはしばしば 2 重の最大値や、多くの他の振動の現象があり、それらは未だに説明できない問題が発生した。いみじくも、この技術は半自動アンビュラトリー血圧をモニターリングする装置のメーカにより、オシロメトリー法はコロトコフ音よりアーティファクト・フリー(体動がない)の測定値を作り出すのが容易で、自動解析アルゴリズムを設計するのが容易であることがわかり復活をみた。医師達は、適正な検証もされなく疑わしい技術で作られた測定を使いた 1905 年の先輩たちと同じような立場にたった。

現在血圧計に使われているオシロメトリック法による、血圧値の判定及びアルゴリズムの概要は 1979 年頃開発された。その概要は、動脈の一拍一拍の拍動は、血圧カフの中で作られた圧力オシレーションの振幅に基づいていている。この動脈の脈波のパターンは、ベースラインのカフ圧に重畳されものを分離し、プロットして形作られ、そのパターンの形状から得られる包絡線を解析して血圧が決定される。ベースラインに対して振幅がピークの点を MAP(平均血圧)となる。その脈波パターンの包絡線の傾斜の解析から収縮期と拡張期圧を決められている。判定の詳細な方法のコンセンサスは取れていなく、各製造メーカが独自の計算方法やアルゴリズムを使っている。傾斜ベースのアプローチは、その包絡線からカフ圧と指数の変化が最大と最小(変曲点)を求めて収縮期または拡張期の血圧値を決めるが、若干値は基準器(コロトコフ法など)との補正を加えてアルゴリズムを調整する事が必要となる。下図は、包絡線の特徴を利用したオシロメトリック技術による、収縮期と拡張期を求めるための概念図である。

注記）　下部のオシレーションのパターンは、上部の階段状のベースライン圧に重畳していた脈波を血圧判定のため分離したものである。(AC 成分、DC 成分などを分離する回路にて行われる)。脈波パター

ン(包絡線)勾配の変化率の最小になる変曲点を収縮期血圧、そして最大になる変曲点を拡張期血圧として利用している。

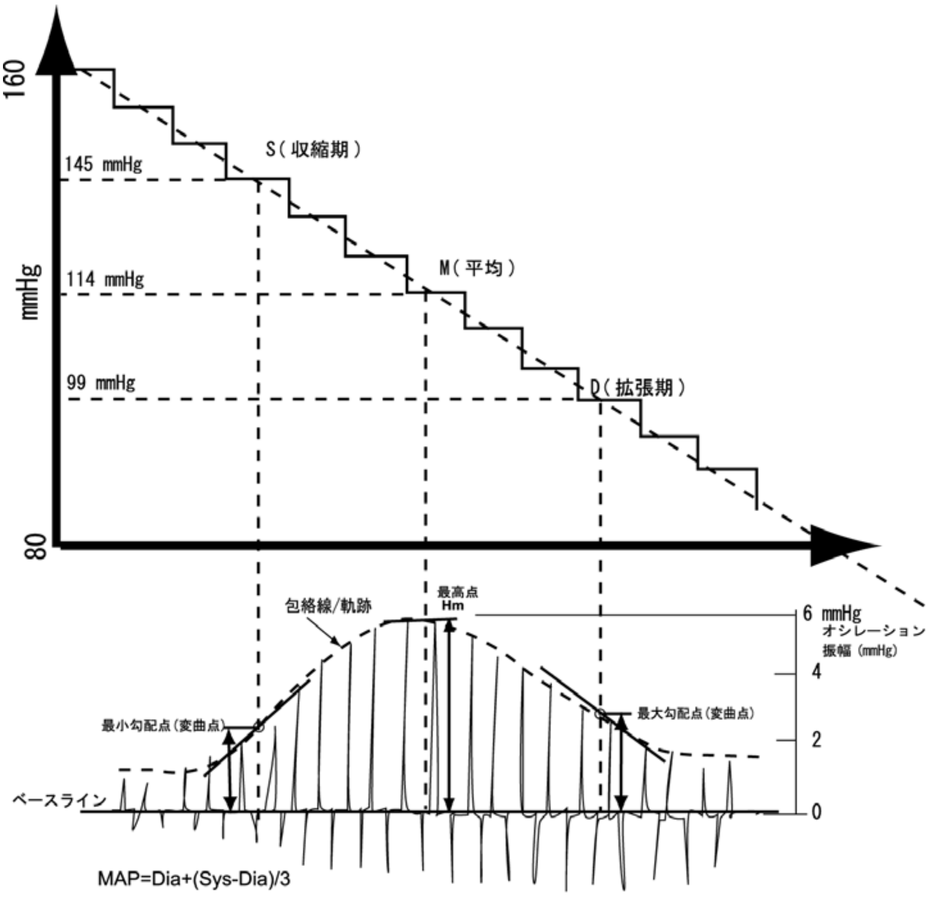


図 8-3　オシロメトリック法

また、この包絡線の解析にて決定された平均血圧、収縮期血圧、拡張期血圧の関係は下記の式を満足するものでなければならない。

$$MAP = Dia + \frac{(Sys - Dia)}{3}$$

d) 非観血血圧測定－聴診法

カフ内の動脈圧がブラダ内の圧を超え始めた時、圧迫した血管の臨界開放圧を超え、カフの下の血管の部分的開放により脈が発生する。血管の断面は、血管の周りの細胞を振動して、高い乱流を伴って卵型に広がる。それから再び潰れる。この振動が可聴範囲にあり、この事象が音の出現を伴い(コロトコフⅠ)、収縮期血圧と等しくなる。さらに減圧が続けられると、個々の脈波は圧迫された血管をより大きく開く、その点は、血管は個々の心拍周期を通すようにまで開いているが、流れはまだ乱流は続いている。血管の臨界開放している圧が拡張期を超え、この時点で、個々の音は高い周波数成分を失って音質は変化する。(コロトコフⅣ; 包むような音)。この点が拡張期血圧になる。さらに減圧されると、減圧された血管は個々の心拍周期を通すまで完全に開き、流れは層流になり、その振動は音とともに消える。(コロトコフⅤ)。コロトコフⅣまたはⅤを拡張期にするか未だに議論があるが、便宜のため、Ⅴが取られてい

る。これは満足する状態でない。このフェースⅣとフェースⅤの差は通常非常に小さいので、実用的にはあまり意味を持たない。一方、フェースⅣが論理的には正しく、この拡張期の真の測定としてこの点を使うのは、ある患者では、コロトコフ音が消えなく、カフ内の圧は 0 mmHg 近くまで聞こえることが稀でないからである。この状態は妊婦や高熱のような高い拍出量の場合に起きる。

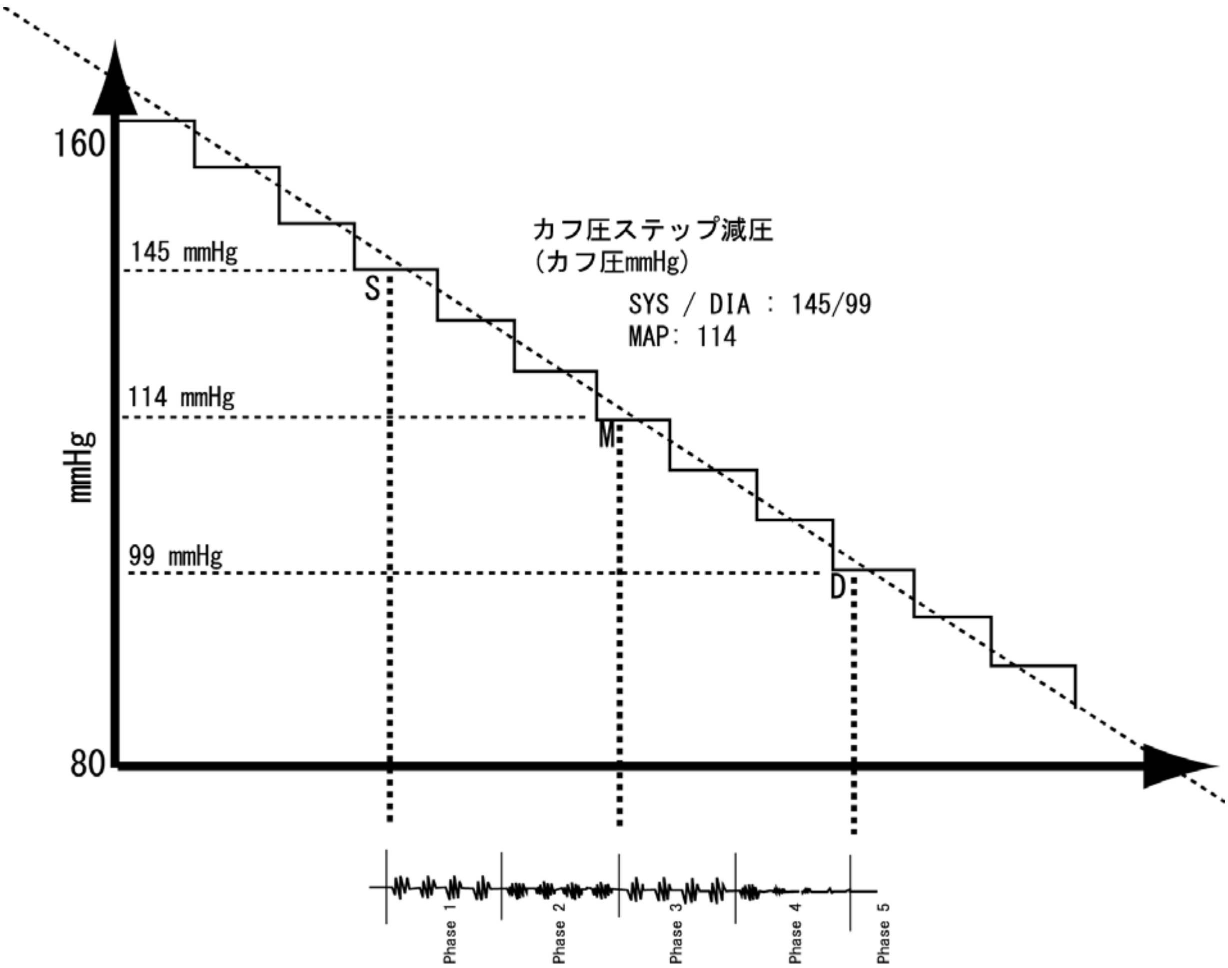


図 8-4　カフ圧とコロトコフ音の関係

この技術は最小 15 心拍以上で、被検者は測定している間、安静で標準化された姿勢の下で収縮期および拡張期の血圧を見積もられる。

コロトコフ音のフェースの特徴

フェースⅠ：かすかで、澄んだトントン叩く音またはゴッンと叩くような音が突然出現、それが徐々に強くなる。

フェースⅡ：音が騒々しい'シュウ'という質を伴ったざわめに変化し始める。

フェースⅢ：音が騒々しいはっきりしたコツコツ叩くように思える変化がはじまる。

フェースⅣ：音が突然包み込むようになり、かすかに、つぶやくようにシュツいうよになり始める。

フェースⅤ：静かさを漂い始める。

注）フェースⅣおよびⅤの拡張期は終わりの点を示す。

一般に、フェースⅣの始まりの圧力は、拡張期圧より約 10mmHg である。

注 1）フェースⅤが存在しない場合: ある特定の患者では、コロトコフ音が消えなく、カフ圧が 0mmHg 近くまで下がっても聞こえることがある。これは、小児、大動脈バルサバ不全の患者、高出力(貧血症、甲状腺薬中毒症、または妊婦)や、著しく血管拡張した状態の患者(運動後)にしばしば現れる。この様な状況下では、フェースⅣがより拡張期血圧の信頼できる指標になる。

聴診ギャップ

ある患者、特に高血圧を持つ患者で、圧を下げて行った時、カフ圧が高いくて消え、それからある低いレベルで再度現れる上腕動脈の上の音を聞く。この音の一時的な消失は聴診ギャップと呼ばれ、フェースⅠとⅡの後段におきる。このギャップは 40mmHg 程度範囲を超えてことがあるので、収縮期をを低めに見積、拡張期を高く見積もる重大な問題を起こす可能性がある。

カフサイズと較正

不適正な小さいカフは血圧値を高めに見積もりがちである。その状況は腕周径が 36 cm を超える時、標準サイズのカフで発生する。カフが適正かどうかは一目でわかるように「表示ライン」を付けるよって簡素化している。図は下部を走っている動脈に対して、血圧カフ圧の伝達に関してカフサイズの影響を示している。放射状の線は動脈上の圧がカフ内圧に近い等圧ゾーンを示す。左図は細い腕では、狭いカフでも充分なカフ圧が動脈に伝わり、一方、幅広いカフは同じ圧が動脈のより長い範囲まで同じ圧が伝わっている。右図では、腕サイズが大きい場合、狭いカフでは、間にある多くの細胞のため、最大まで上げた狭いカフの圧は動脈に到達しないので、この状況では幅の広いカフを用いて正す必要である。

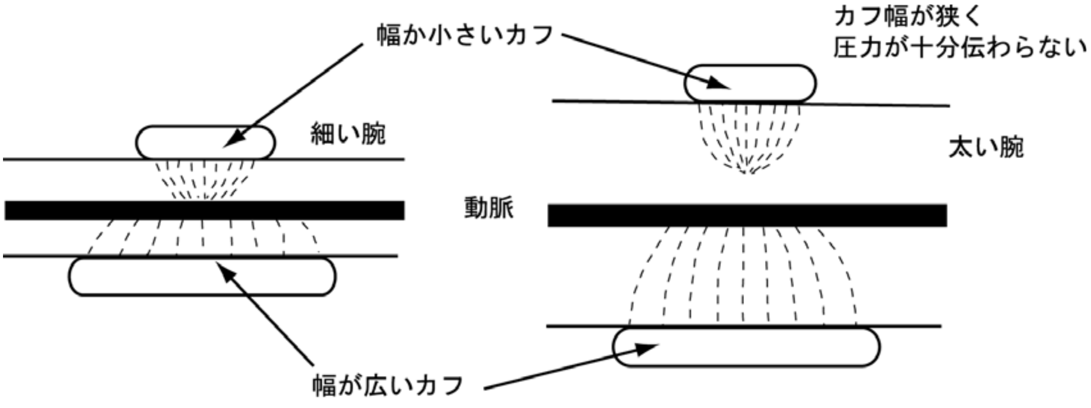


図8-5　血圧カフ圧の伝達に対するカフサイズの影響

サイズ	中間での上腕周囲サイズ(mm)	ブラダ	
		幅	長さ
新生児	50 - 75	30	50
幼児	75 - 130	50	80
小児	130 - 200	80	130
大人(小)	170 - 260	110	170
大人(標準)	240 - 320	130	240
大人(大)	320 - 420	170	320
大腿	420 - 500***	200	420

表 8-1 米国心臓学会による血圧カフに対する推奨されたブラダの寸法

ブラダとカフ

加圧膨らませることができるブラダはカフの中に包み込まれている。患者の腕周囲に対して適正な幅がないブラダは、血圧測定でシステムエラーを起こす。ブラダが広すぎると、圧力は過少評価される。ブラダが腕周囲に対して狭すぎると圧力は過大評価される。腕周囲に関してブラダ幅が合っていなくても、幅広いブラダは狭いブラダより正確な血圧測定になる。故に、より狭いブラダでは、血圧を過大評価して高血圧の誤った診断にもつながる。特に、幅広い腕の肥満の被検者に通常の大人のカフを使うときに特に起きる。

腕周囲に対するブラダの正しい比率は 0.4 としている。それ故、システムエラーを避けるには、ブラダ幅は上腕周囲の 40~50%にすべきである。別の表現をすると、ブラダ幅に 2.5 倍が理想の腕周囲と定義している。例として、12 cm 幅のブラダに対しては 12.0 X 2.5 = 30 cm となる。米国心臓学会は長くブラダサイズの標準化を提唱してきたが、各製造メーカは様々なサイズのカフを作り続け、同一のラベリングにもかかわらず、違ったブラダ幅になっている。

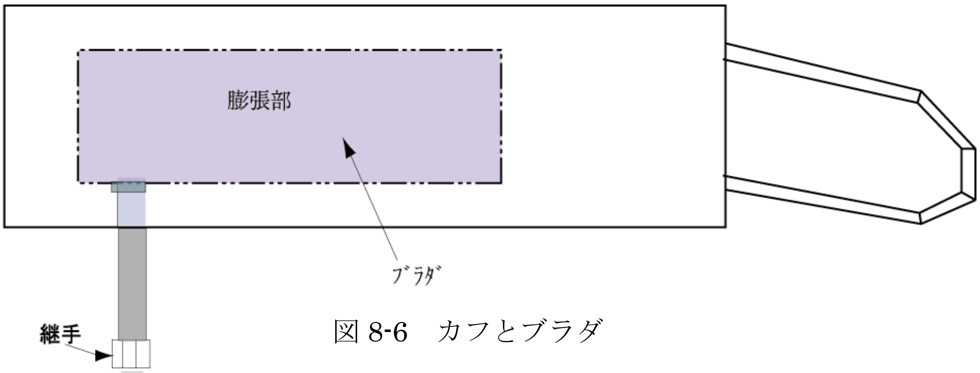


図 8-6　カフとブラダ

右の写真は、カフセット(カフ＋ブラダ)で、使用時はブラダはカフの中に組込まれる。当初はブラダの材質は天然ゴム製のラテックスが使われたが、アレルギー体質の患者などのため、最近はナイロン製などを幅広く使われている。

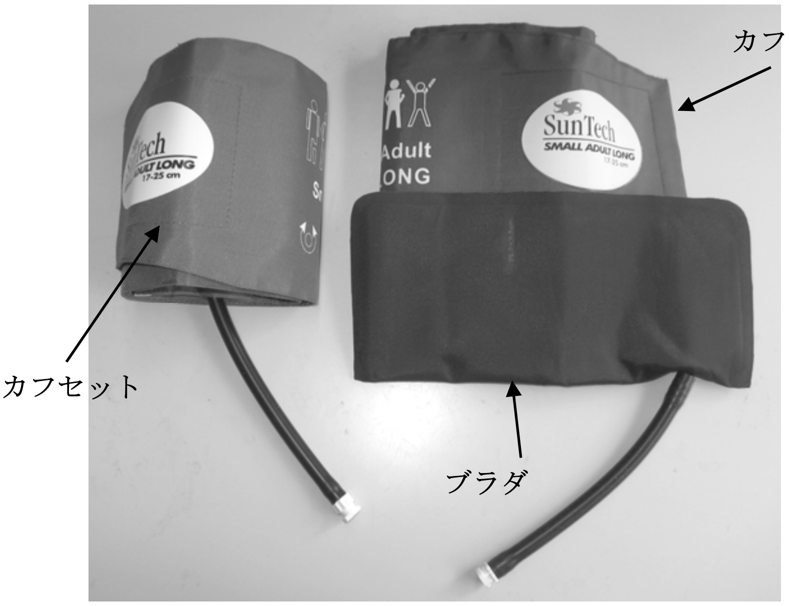


図 8-7　カフセット

血圧測定値の留意点

測定者は患者の姿勢(1.座位、2.横臥位、3.立居)、カフサイズ(小児、幅、大腿カフ)や使われる腕について注意を払うべきである。不規則な脈または聴診ギャップがあるかどうかを記録することも重要である。血圧測定値の精度および信頼性は次の基準ステップを踏むことで上昇する。

1. 被検者の腕は心臓レベルで静かな環境に置く。
2. 適正なサイズのカフを選択する。ブラダ幅は少なくとも腕周囲の 40%で; ブラダ長さは少なくとも腕周井の 80%にする。
3. カフは腕周りにしっかりと巻き、ブラダは上腕動脈の中心にくるようにする。カフの下部は肘前の上の空きを 2.5cm にくるようにする。
4. カフを素早く加圧(触れている収縮期)に 30 mmHg を加えて、もはや橈骨動脈拍が触れていない圧を観て最大加圧をレベルを決める。
5. カフを一定に減圧する。それから、再度加圧するには 15~30 秒待つ。
6. カフ内の空気は秒あたり圧が 2~3 mm のレートで落ちるように開放する。
7. 収縮期/拡張期圧の記録。フェースⅣの圧で記録された場合、フェースⅤでの圧も記録するべき。例として: 108/64/52 または 110/66/0 mmHg など。
8. 同じ腕で血圧測定を繰り返すには、腕の血管にうっ血した血液を開放させるために 1~2 分間時間を空けて測定する。

上腕位置の影響

腕の圧は心臓レベルから下がった上昇する。;逆に、その位置より上がればその圧測定は低くなる。この影響は静水圧または重力によって説明される。それ故、間接的に血圧を測定する時は、患者の腕は心臓レベルの位置にこなければならない。もし患者がやや頭を持ち上げて、平たい面に横臥姿勢にあれば、正す必要は無い。患者座っている場合は、その腕は、ウエストレベルより少し上にくる卓上台の上に置けば満足のいく位置にくる。もし腕の位置が適正に調整されていなければ、静水圧の修正が必要になる。: 心臓レベルの上または下の垂直の高さの 1 cm あたり、0.8 mmHg が加えるか引くかしなければならない。

患者の姿勢と静水圧の要素

動脈圧測定の参照点は、正しい動脈レベルでであるので、測定される部位が 1cm 違うと計られる圧力は約 1 mmHg 変わる。その静水圧要素によるその食い違いは測定部位が末梢にいくに従ってさらに重要になってくる。

部位間の差

収縮期/拡張期圧は両腕の間で 10-20 mmHg の違いがあり得る。人の 1/4 は測定差があり、一般に右腕が高く、それは無名動脈の源によると関連付けられている。それ故、右腕を普通使われるべきとされている。

上腕と大腿動脈の間の差

横臥位で、大腿収縮期圧は上腕より 10-40 mmHg 位高い。膝窩動脈で収縮期圧が上腕より＞＝20 mmHg 以上であれば、大動脈の逆流が可能性の原因と見なされる。拡張期圧は、逆に、大腿ではやや低くなる。足で圧を計るには、患者は腹這いにして、大腿カフは

電子式自動血圧計の測定ブロック

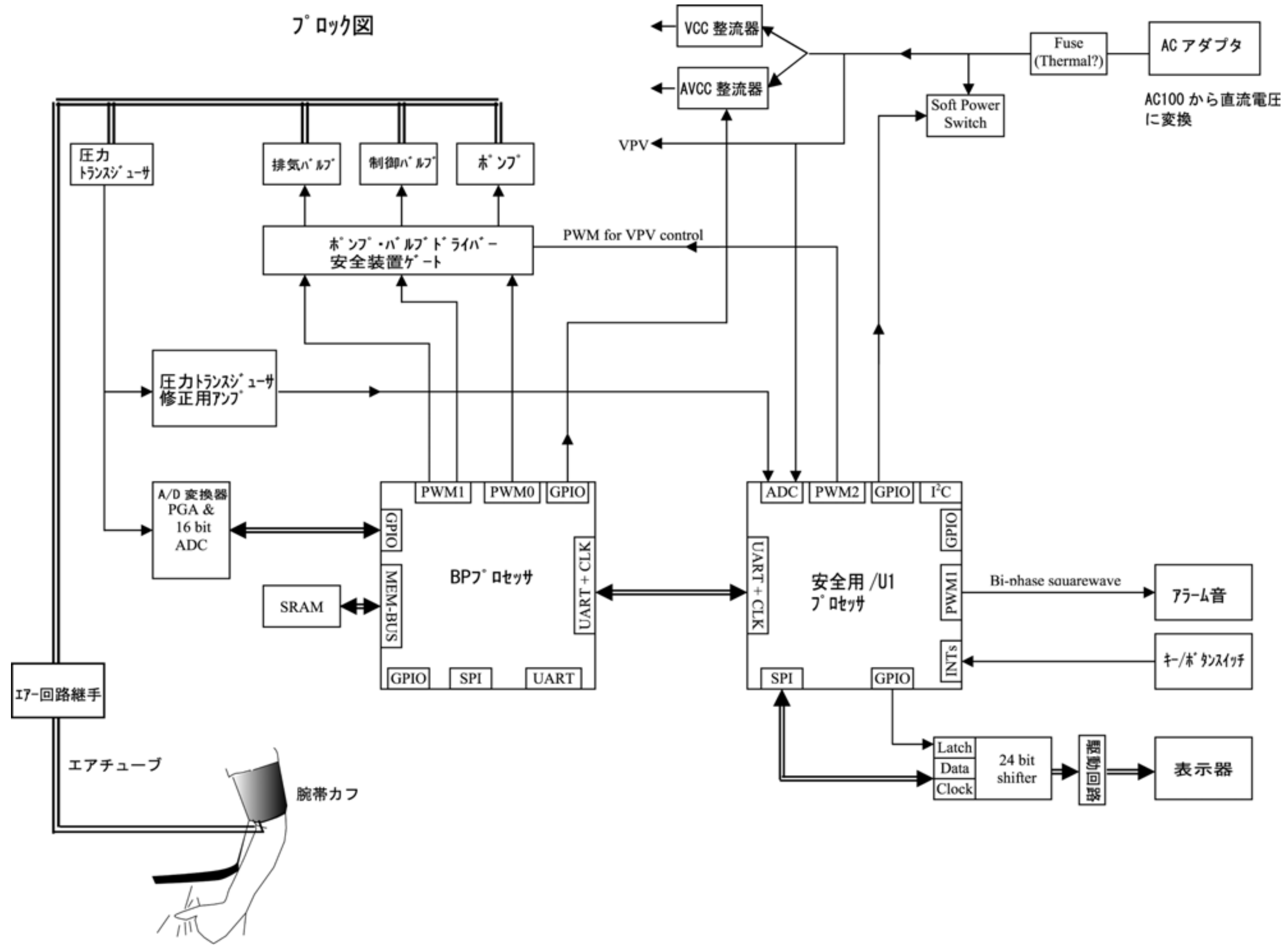


図 8-8 オシロメトリック法の測定ブロック

1) BP プロセッサ: ポンプ、バルブ、圧力トランスジューサなど駆動、圧力検出など血圧測定に関わる部品を一定のソフトに基づいて制御し、測定値を算出し表示・外部機器に送受信している。

2) 安全用/U1 プロセッサ: 計測中、患者の安全を守るため、異常動作があった場合、強制的に測定を中断したり絶えず監視し

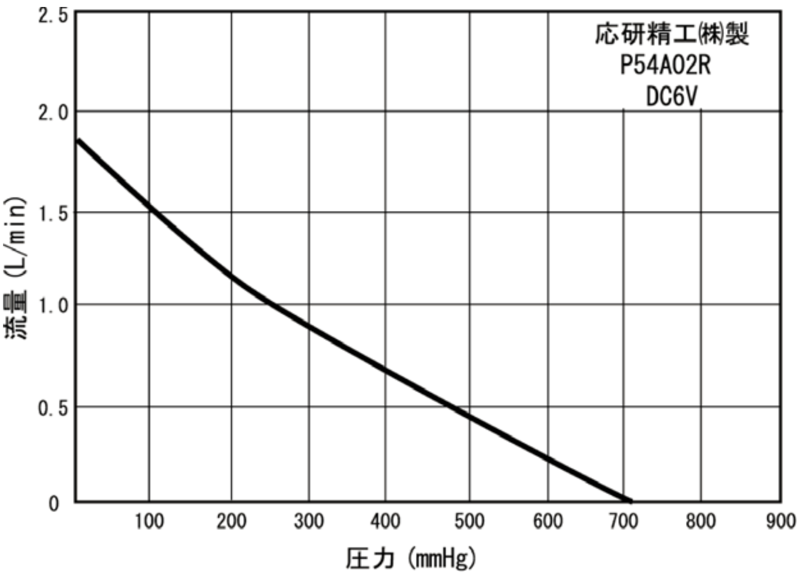


図 8-9 加圧ポンプの流量特性

患者の安全を守っている。例えば、300mmHg 以上の加圧が起きた場合(Overpressure)160 秒以上カフが減圧されていない場合(Overtime)など。

加圧ポンプ

電子式自動非観血血圧計用として、空気加圧するため幅広く使用されている日本製の小型ポンプがある。その代表的なものは応研精工株式会社のダイヤフラム方式の小型ポンプである。サイズがφ27 x 59mm 程度の小型で、重量 60g、耐久性も 100,000~300,000 回、使用電圧 3~16VDC など仕様においても使い易くなっている。また、手頃な価格で市販されているため普及している。

この構造は複数のポンプ室を有するダイヤフラムを用いたポンプで、モーターの回転でクランク体を回転させ、駆動軸を経由してクラッシャーを上下させて、アンブレラ弁を開閉して吸気した空気を圧縮して送り出す。

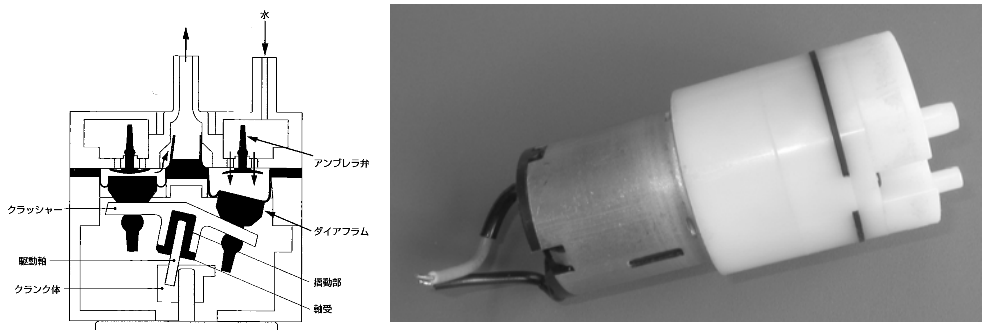


図 8-10 加圧ポンプ

電磁弁(排気バルブ、制御バルブ)

ポンプによって、上腕(または測定部位)を想定される収縮期血圧(その人の収縮期+30mmHg 程度)まで加圧した後、カフ圧をステップ状に減圧するために、BP プロセッサで圧力トランスジューサの値を参照しながら、電磁弁を開閉していく。この圧を制御するために制御バルブとして使われる。また、想定される拡張期圧より減圧された時点で、排気バルブとしてもう一つの電磁弁が使われる。最近は安価で小型のバルブが採用されている。

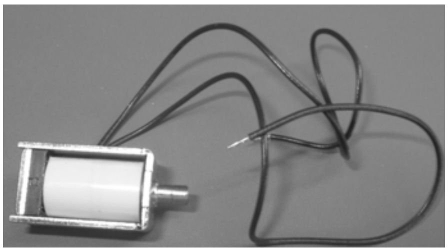
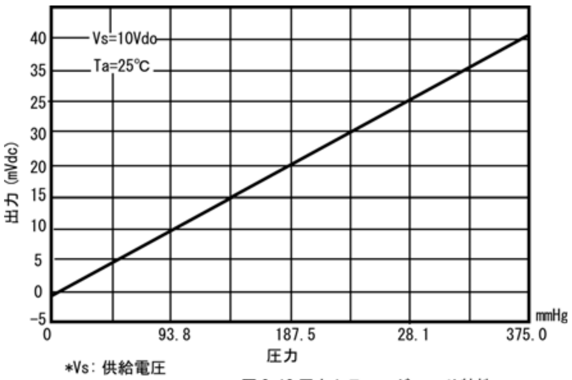
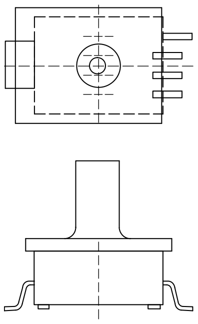


図 8-11 電磁弁(バルブ)

圧力トランスジューサ



*Vs: 供給電圧
*Ta: 環境温度
図 8-12 圧力トランスジューサ特性


圧力センサの外

自動血圧計の血圧値はピエゾセンサ(圧電素子)により、外部から加えられた圧力または空気振動の変化を圧電効果により電気的変化として検出するものである。ブロック図に組込まれている圧力トランスジューサ、運動負荷血圧計に採用されている K 音マイクロホンは、これ等の半導体素子が使われている。

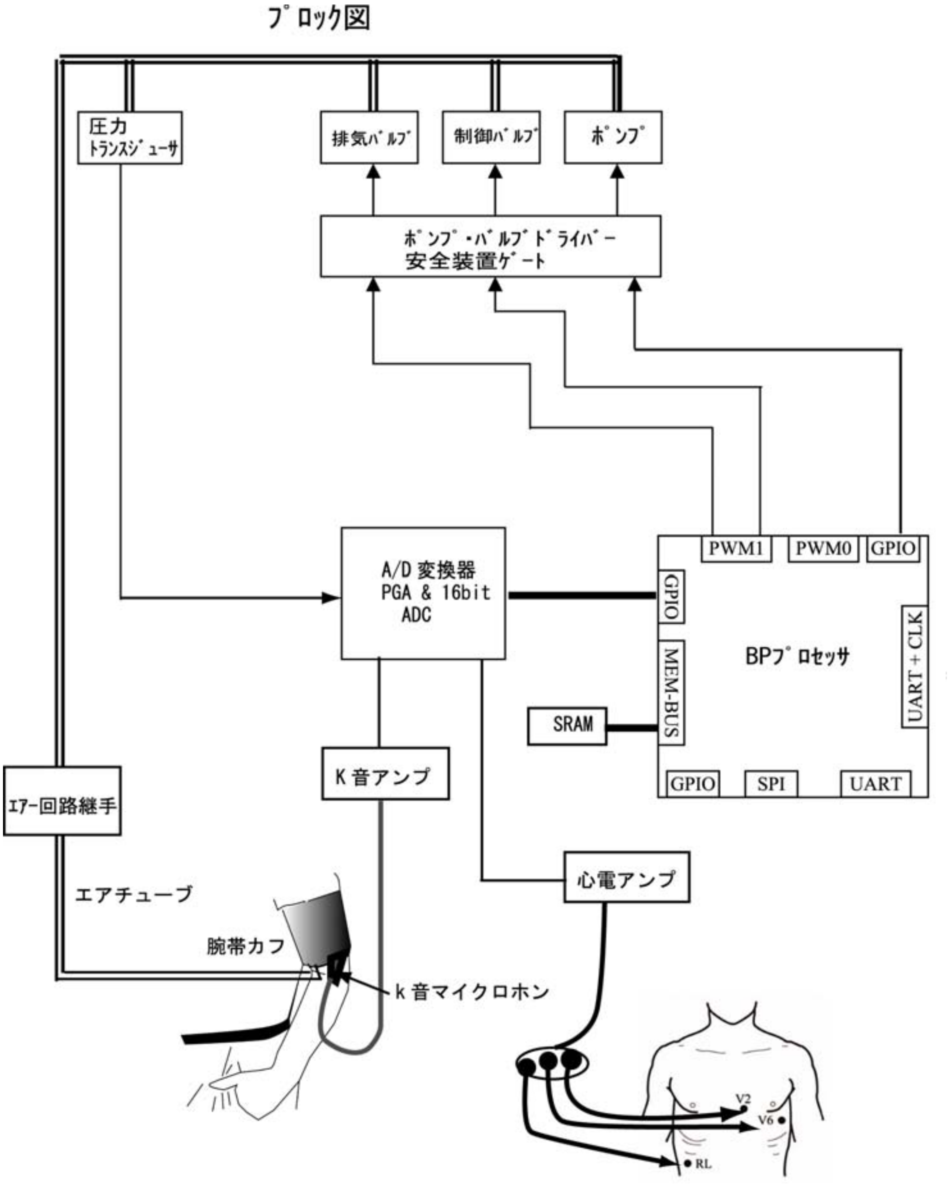


図 8-13 聴診法のブロック図

直接法血圧測定とは

直接動脈血圧の最初の書類としての記録は 1733 年に馬の首の動脈にカニュレーし、ガラスの管の中の血液柱に生じる高さを観察した Reverend Stephen Hales による記述である。人間による最初の動脈血圧測定は

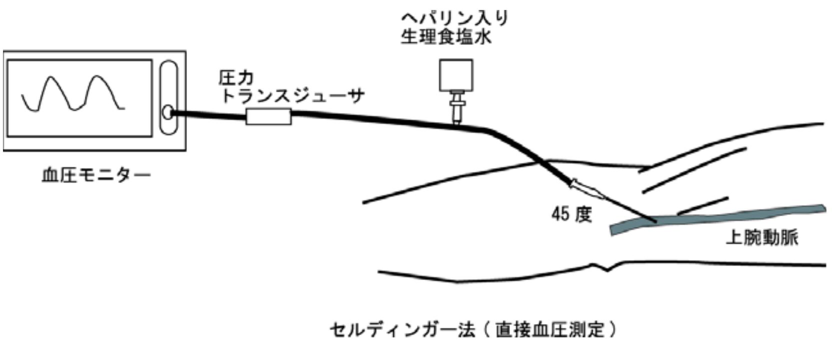


図 8-14 直説法血圧測定

1856年 Faivre で、直接動脈カニュレーで行った。これは、日常の臨床評価の方法としては実用的でなかった。そこで 1898 年に Hill と Barnard、1896 年に Riva-Rocci、1905 年に Korotkov の記述により、間接的に動脈血圧決定のカフ圧迫法が幅広く採用されるようになった。これらの非侵襲的技術は覚えるのが簡単で、実施するのが容易で、一定の間隔で繰り返し測れる比較的簡単な装置で、患者にも最小限の不快感で抑えることが出来る特徴がある。

1950 年代および 1960 年代で、心臓手術の急速な広がりで、血液動態の不安定な患者における血圧の急激な変動を監視できる必要性が生じた。その間の患者の状況は心肺バイパスしていて、その時は血流は拍動無い時間帯の期間である。この要請のため Lambert and Wood 達は直接動脈血圧測定に、現代のストレーン・ゲージの技術を応用することで可能にした。これが直接動脈血圧測定を記録する新しい時代の先導役になり、急性的な病気の患者の管理ケアを変貌させた。この技術を 1969 年、Bevan とその同僚たちは、歩いている患者における血圧測定に適用した。この技術の発達は、健常人や高血圧患者についての血圧挙動に、我々の知識を著しく拡大することになった。

直接法(観血血圧測定法)の技術は図　に示すように、カニューレを動脈に置いて、ヘパリン入り生理食塩水入りの容器、圧力トランスジューサ及びモニターが接続される。生理食塩水は血液が凝固するのを防ぎ、血圧モニターはトランスジューサからの血圧信号を増幅して表示する。

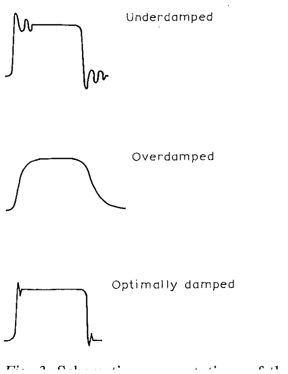


図 8-15 直接法の応答

測定には、この方法は末梢の動脈も使えるが、殆どは利き腕でない上腕動脈が使われる。この動脈内のカテーテルはセルディンガー法を使う無菌条件のもとで挿入する。被検者は肘で伸ばした非利き腕に横たわった姿勢で水平面に置いて乗せる。上腕動脈は触診にて確認され、カニュレーションする部位を選択する。通常は肘前の折り曲げ部位の上 1 cm が選ばれる。肌は滅菌されて準備される。動脈は肌の表面に 45°の角度で挿入され 1 mmφ径の針を使ってけい皮に穴があけられる。正しい位置決めは針から動脈血液が自由に流れるのを確認する。細かいガイドワイヤーは針の中を通し、その時、抵抗に対してガイドワイヤーに力がかかるのを避けるように注意する。それから針は抜かれ、カテーテルは動脈管内に置くためガイドワイヤーの上から通す。ガイドワイヤーを外す時、カテーテルはテフロンの接続チューブを経由してトランスジューサに接続される。－潅流システム。特別な注意は空気の気泡がシステムに取込まれないことを確認することが必要である。

圧力を突然加えて開放する矩形波応答に対してカテーテル/圧力トランスジューサ/レコーダの調整による応答は図示のように、非減衰(Undamped)、過減衰(Overdamped)、適正減衰(Optimally damped)ように上から下の順になる。非減衰の場合はリンギングが生じる。過減衰では信号の上昇、下降がゆっくりになる。適正な減衰は両端で単一のシャープな上昇および下降が特徴づけられる。

直接法と間接法との違いの比較

血圧測定するのに直接法と間接法間の対比は非常に長年注目されてきた。この動脈カテーテル直接法は感度および精度について明らかに利点があるという理由で、それは間接法を判断するのに対しての基準器として採用されてきた。最初の比較は、Wolf と von Bonsdorff によって行われ、それ以来、類似の比較研究が数多くなされてきた。

これられ発表されている比較の多くは、直接法の技術は間接法の技術を判断しなければならない時に、基準になると思われていた。これは全く正当化する理由にはされ得なく、間接法の技術は上腕動脈壁の横圧によるせん断力を計り、直接法の技術は圧力波前縁での動脈内の管にかかる力を計っている。この2つは一見類似しているようであるが、とても同じだとは思えない。かくしては高いレベルの矛盾のない証明を求めるのに、この2種類の結果にシステム的な差が出るのは驚くにあたらない。この理想は殆どの測定者は一つの腕に直接法を、もう一つの腕に間接法のために使ってきているので、めったに出会っていない。さらに、彼らは直接法の技術は完全だと思っていて、直接法の測定に重大な歪がありうるダンピングのような現象について度外視している。かくしてその装置の物理的特性を詳細に発表するための殆どの一般的過ちが直接法の測定にある。血圧測定の非侵襲的と直接(侵襲的)血圧測定の基本的な相違は、後者は血圧連続して記録が出来るのに対し、非侵襲技術は必要においてインターミティド(断続的)測定な測定になることである。直接動脈圧の測定はKorotkov音検出による非侵襲測定とは、収縮期圧がやや低めに見積もられ、拡張期圧が高めに見積もられるとは重要な違いがある。

運動負荷時に計る血圧計

狭心症を患っている患者の心電測定の変化に気付き、1920年頃から運動負荷測定から心電波形の形状や血圧、心拍数などのパラメータの異常性から病状を同定できることが分り、今では、患者の予後のため運動負荷検査の価値は認知されるようになった。一般的には、運動負荷検査では、心臓のポンプ作用がより多くの酸素を必要とする時、心臓の仕事能力を見るために使われる。検査方法は、患者をトレッドミルの上で歩かせたり、固定された自転車を漕がせながら、動脈が狭窄または狭くなった時に心臓に歪を模擬的に起こさて行う。負荷の強度はブルース・プロトコールと呼ばれる基準が決められていて、患者の体力に合わせて、最大7ステージまで変える。ステージ1のレベルは10%の傾斜で、時速2.7km/時で歩かせる。この時に消費されるエネルギーは安静時の約4.8倍で、4.8MET's(代謝)と同等である。検査中の測定間隔は欧米では各ステージ3分間、日本では1分間を続ける場合が多いが基本は医師の判断で決められる。

図8-16 運動負荷血圧計

運動負荷血圧測定ではコロトコフ音(K音)を検出するためマイクロホンセンサを使った聴診法が使われる。この方法はコロトコフ音の発生タイミングと心電トリガー用のR波とリアルタイムに同期して、ノイズや体動の除去が容易でS/N比を改善できる利点がある。心臓から上腕動脈へ伝播する脈波の平均時間は約150ms (動脈硬化の度合いで時間が多少前後する)で、この脈波伝搬速度を利用したR波ゲート法と呼ばれる手法が使われる。ノイズや体動アーチィファクトを少なくなれば、必然的に測定ミスや精度が得れるが、その手法を図　を使って概要を説明する。一番上の生体心電信号(ECG信号)からECGのR波トリガー信号を心電アンプ内で作る。(上から二段目）この信号は生体ECG信号に対してx500またはx1000にしたアナログ信号にするか、矩形波のデジタル信号に加工される。この加工された信号は、

生体の信号発生源からの遅れが 0ms であることが望ましいが、テレメトリーなどの場合は時間遅れが出る可能性があるので補正機能を持たせている。このトリガー信号を血圧計に送り、K 音マイクロホンから検出されるコロトコフ音(血圧計が検出する)を K 音通過チャンネル(窓)を開けて通過させる。また、時間遅れは、血管の硬さなど個人差もあるので、約 100-300ms 程度の時間幅を持たせて開閉する。窓を閉じている期間は K 音マイクロホンで拾われた如何なる信号も不要な信号とみなしてカットされる。これを R-波(R-wave)ゲート法と言われている。通過させた信号は、一旦メモリー内に保存され、DKA 解析ソフトの三次元フィルターにてデータを精査する。その結果から収縮期および拡張期血圧を決めている。

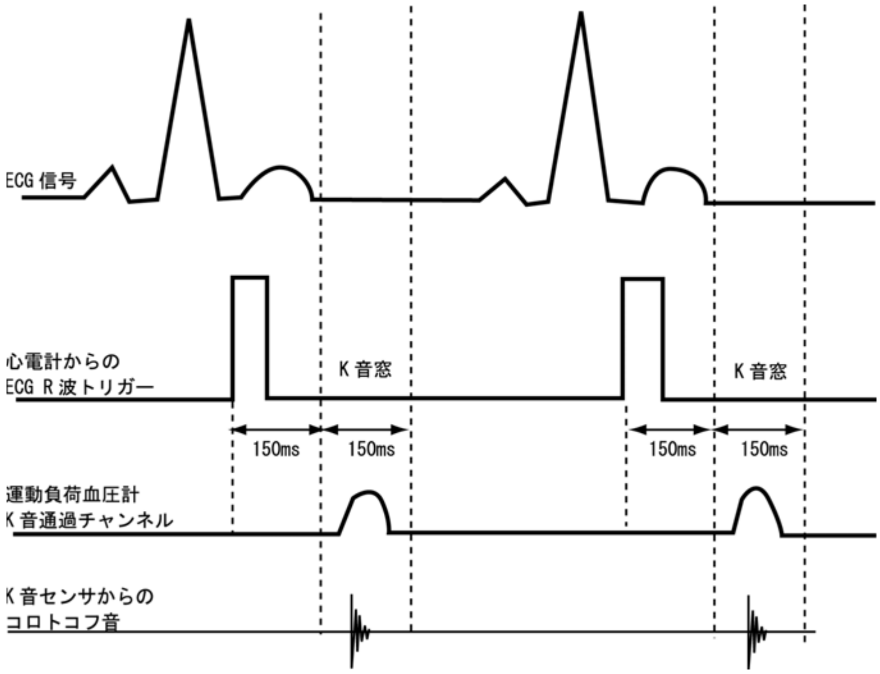


図 8-17　K 音 R 波トリガー法

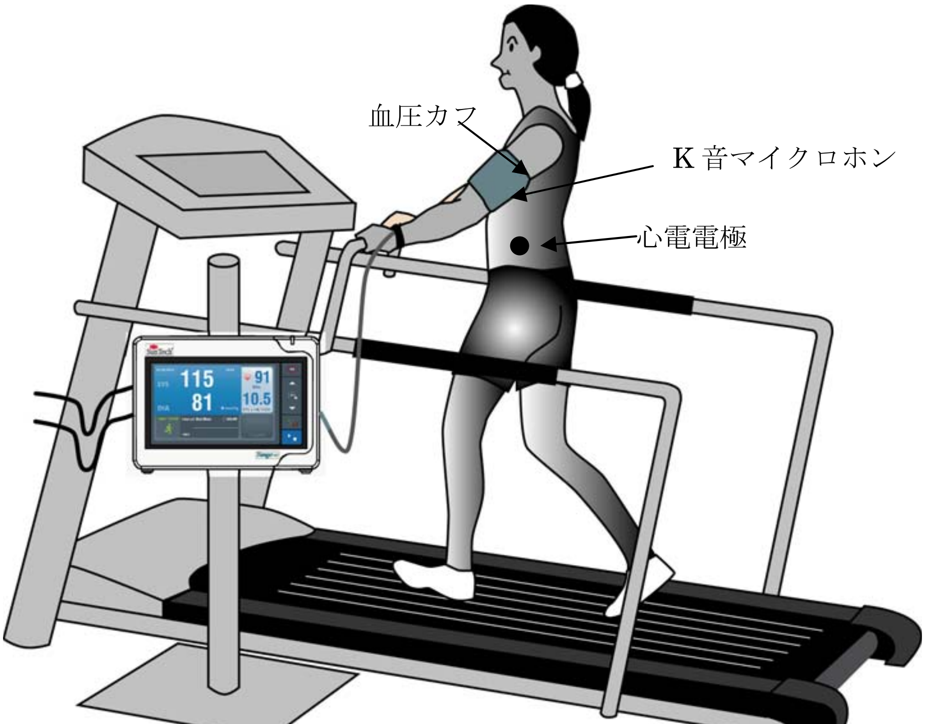


図 8-18　トレッドミルによる血圧測定

その方法は、測定が完了した後、保存されていたデータ(信号)を一旦呼び出して、図　のように3次元のマップとして並び替え、真のK音とノイズやアーチファクトと区別して弁別する。

図では、横軸はK音チャンネルが開いた窓の間隔(100-300ms)で、そのデータを検出した時系列で縦軸に積み上げていく。弁別の基準の見方はK音プレーンは一定のリズムで現れ、ノイズやアーチファクトは散発的に発生すると考えに基づいている。これをDKA (Dimensional K-Sound Analysis -3次元K音解析)と呼ばれている。

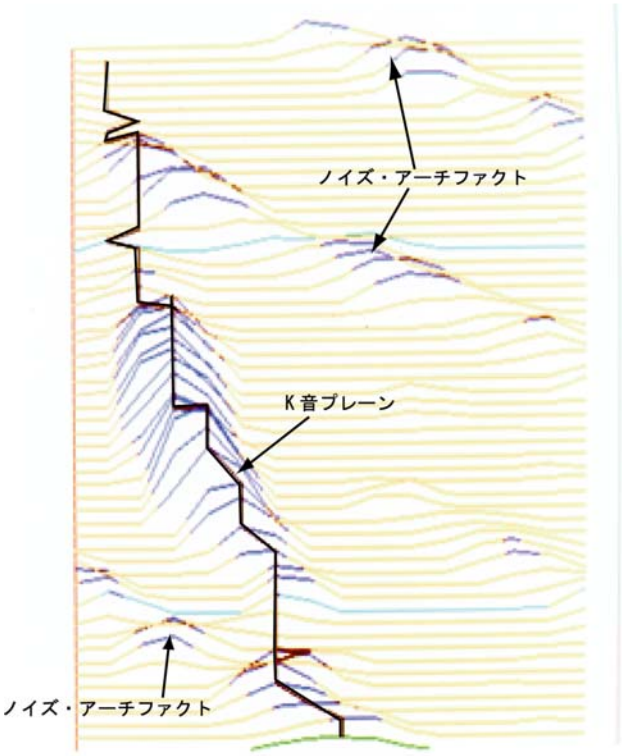


図8-19　DKAフィルター

非観血アンビュラトリー血圧測定

1898年の前半は脈波グラフの助けで間接的な触診を使って血圧の日中の変化や夜間の血圧の減少を記録できた。日常の血圧の変動は文献でもここ十数年議論されてきた。しかしながら、24時間にわたって血圧をモニタリングできる全自動アンビュラトリー血圧を測定する装置の開発には1世紀近くかかった。この発展の遅れは、まず、血圧の変化の臨床的重要性を理解していなかったことと、第二番目は、日常使用のため小型化と信頼性のあるモニターの開発における技術的な遅さに起因した。血圧はショートターム(一拍一拍)とロングターム(例えば: 日内)に変動するダイナミック要因がある。これらの変動は複雑な内的な(サーカディアンなど)生理的な機構や日中の血圧プロファイルを作っている外的な刺激による。心筋梗塞、つかの間の心筋虚血症、心臓突然死の事故は、非常に高いリスクで朝方起きるなど、昼や夜通して均等に発生していない。さらに、動脈血圧における季節的影響が、少なくとも一部は、虚血性心臓病や発作から報告された高い致死率から説明できると示唆している。

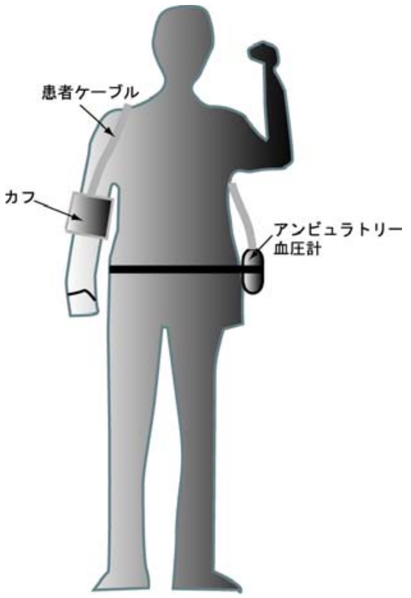


図8-20 アンビュラトリー血圧計

図　に代表的なアンビュラトリー(ABPM又は携帯型)計、SunTech Medical社のOscar2を示す。この全自動の装置は24-または48-時間に渡って昼および夜を通して測定できるように設計されている。その測定は、被検者に応じて予めプログラムにて測定間隔を設定して血圧および脈レートを計ることが出来るようになっている。通常は、昼間は15-30分間隔、睡眠時は30-45分間隔の測定が一般的である。

T.G Pickering は Current Concepts: Ambulatory Blood-Pressure Monitoring の論文中の血圧の日内リズム特徴の項で以下のように述べている。

正常な被検者は明確な血圧の日内リズムを持っている。血圧は睡眠の最初の数時間中に最も低いレベルに落ち、睡眠から覚醒に移る朝方に著しいサージが現れる。覚醒中と睡眠中の収縮期および拡張期血圧の平均の差は 10~20 パーセントである。高血圧患者は通常同じパターンであるが、より高いレベルでセットされる。幾つかのケースでは、正常血圧か高血圧であっても、正常な血圧の夜間降下が消えて、これを正常なディピング・パターンに対してノンディピング・パターンと呼ばれている。極端な場合、(自律神経機能不全など)、血圧が夜間で上がる。このノンディピング・パターンは黒人では普通であり、日中に高い活動し過ぎたり、睡眠の質が悪かったり、交感神経が高揚したり、グリココルチィドの使用や腎臓病など複数の原因がある。ノンディピイングは黒人が他の人種やまたはエスニックグループより心臓血管病のリスクが高いと言う一つの理由として提示されている。

図 8-21 アンビュラトリー血圧計

多くの調査では昼間の血圧と夜の血圧を比較している。リスクの最も優れた予知は夜間血圧から得られるとしているが、幾つかは変化が示されない場合もある。関連性を解析する方法としてディピング_パターンを調べることである。ノンディピング_パターンを持つ患者はディピング_パターンを持つ患者よりより高いリスクにあるという幾つかの証拠がある。さらに、極端な血圧のモーニングサージもまたリスクが高くなるとも言っている。

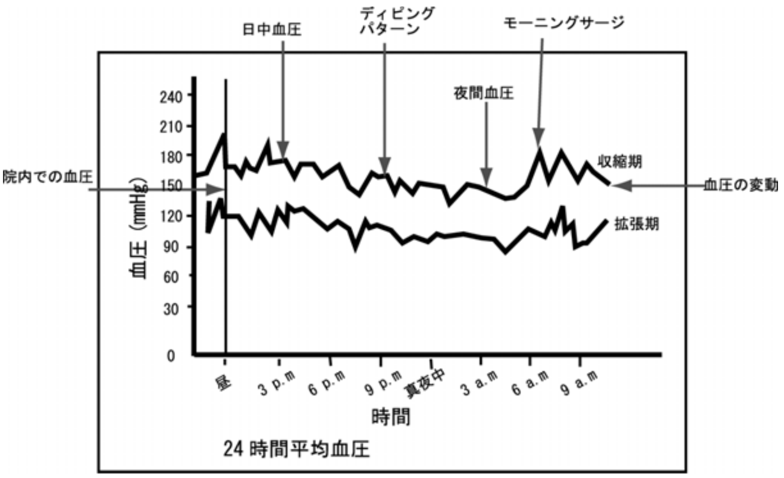


図 8-22　高血圧がある患者の 24 時間血圧追跡

8 血圧計の標準化

血圧計の機能及び性能・安全性、臨床的精度を統一するため、各国および国際的な基準化なされている。また、電子機器の発達で、用途においても複雑で多岐にわたってもきているので、組織を作って絶えず討議し改定されている。その代表的な規格の動向を述べてみる。

(1) EN 1060-1 1995: Non-invasive sphygmomanometers－Part 1: General requirements 非観血的血圧計の一般的要求事項、

(2) EN 1060-3 1997: Non-invasive sphygmomanometers－Part 3: Supplementary requirements for electro-mechanical blood pressure measuring systems 非観血血圧計の電子-機械式血圧測定するシステムの補足要求事項

EN 1060-1 1995 and EN 1060-3 1997 共に欧州の 30 ケ国で構成されている CEN(欧州標準化委員会)から発行された非観血血圧計に対する統一規格で、機器の性能、効能および機械的及び電気的な安全性および試験方法を規定している。

(3) IEC 80601-2-30 2009: Medical Electrical Equipment- Part 2-30: Particular requirements for the basic safety and essential performance of automated non-invasive sphygmomanometers 自動非観血血圧計の基本的安全と基本性能に対する個別規格で、IEC 60601-2-30 の第 2 版と第 3 版を調整して成り立ち、ISO (International Organization for Standardization)機関と綿密に協調して進めている。

(4) ISO 81060-2 Non-invasive sphygmomanometers - Part 2: Clinical validation of automated measurement type.この規定はカフを使って動脈血圧のインターミティド非侵襲で自動で見積もるために使われる医療機器の臨床評価のための要求と方法を規定している。

（背景）この基準はANSI/AAMI SP-10:2002 (含むAmendment 1: 2003 as well as Amendment 2: 2006), 手動または電子式、自動血圧計の改訂版である。この基準は標準化の国際組織 ISO/TC 121/SC3 と非観血血圧モニタリング装置につていの IEC 委員会の SC 62D JWG によって改定された。

(5) ANSI/AAMI SP-10-1992: Electronic or automated sphygmomanometers この規格は血圧を間接的に決定するため、圧迫カフを使った電子機械的な測定装置のための安全で性能要求を規定している。

(6) JIS T 1115:2005 非観血式血圧計: 膨張可能なカフを用いて非侵襲的に動脈血圧を測定する非観血式電子血圧計又は非観血式自動血圧計、及び附属品の一般原則、性能、有効性並びに機械的・電気的な安全性の要求事項について規定している。・・・この規格は 2002 年に発行された OIML R 16-2, Non-invasive Sphygmomanometers をベースに作成された日本工業規格としている。OILM 規格は国際法定計量会議で制定されたもので、わが国の計量法の非観血式血圧計(アネロイド血圧計)の型式承認用に適用している。

注) IEC 60601-2-30 Second edition 1999-12 は(3) IEC 80601-2-30: 2009 で置き換えられた。

(7) ISO 80369-5 : Limb cuff inflation この規定は ISO TC121 で審議中である。四肢用カフ加圧: 血圧計カフの加圧用継手。新生児用血圧計の配管用継手、1-ホース小児/大人用血圧計の継手、止血体装置・

図 9-1 ルアロック

図 9-2 SPC 継手

図 9-4 のルアーロックは呼吸(ISO 80369-2)、経腸(ISO 80369-3)や四肢加圧カフなど幅広く普及し使用されてきた。しかし、忙しい医療現場ではミス接続にて事故が発生した事があり、WHO や ISO などの国際機関は未然に事故を防ぐため、分野ごとに継手の種類を仕分けし、規格化を進めている。四肢用としては図 9-5 の SPC 継手など数種類が候補にあがっている。

IEC 80601-2-30 に規定されている事例

. *最大加圧時間の制限

自動サイクルモードに於ける操作の正常状態で､圧力リリーフ保護装置はカフは図 9- 1 のカフ加圧値を新生児モードでは 90s (秒)、その他のモード(小児、大人)では 180s を超えて加圧してはならない。

モード	カフ圧
新生児	>5 mmHg
他のモード	>15mmHg

図 9- 3 カフ加圧

Long-TERM AUTOMATIC MODE

血圧測定を長時間繰り返す時の測定部位の復帰時間の間隔を設けることを規定している。失敗しない血圧決定する場合は図 9- 2 ロングターム自動モードに規定している最大加圧時間を超えてはならない。

記号:

1 減圧された時間

2 直線的にカフ減圧

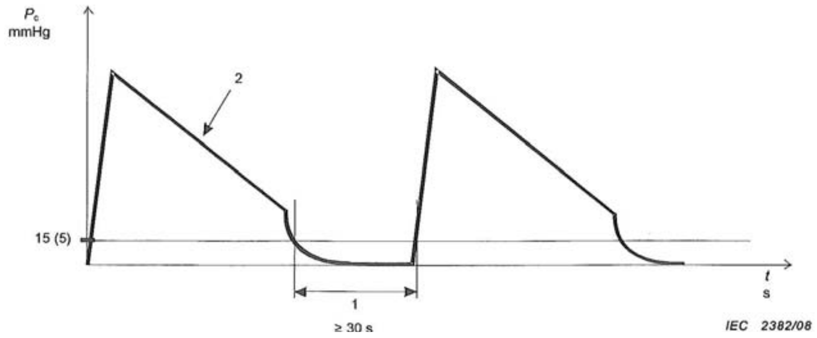


図 9-4 ロングターム自動モード(正常状態)

Short-TERM AUTOMATIC MODE

ショートターム自動モードは時間を制限して繰り返し測定を繰り返す場合を規定している。そのモードのトータル時間は最大 15 分までに制限し、15 分を超えた時点でロングターム自動モードか手動モードに切り替わることを規定している。

この規定は図 9- 1 カフ圧に示される値まで､少なくとも 2 s 間は下げなければならないとしている。

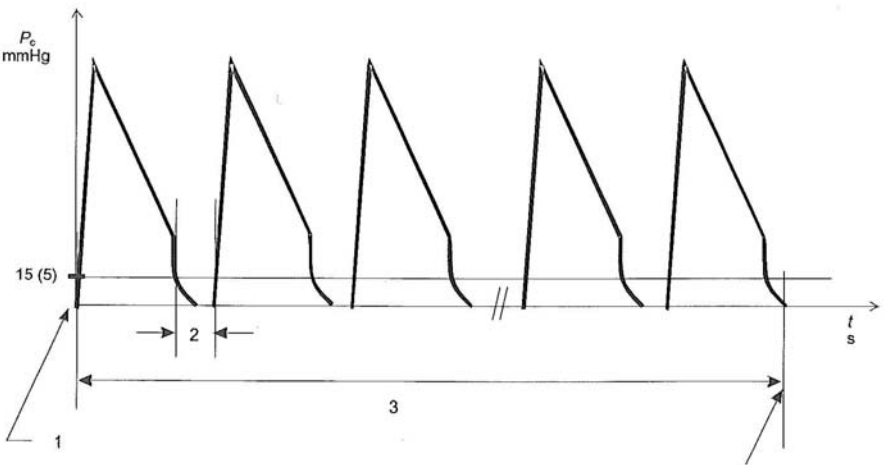


図 9- 5 ショートタイム自動モード

(8) ANSI/AAMI SP-10-1992 :Electronic or automated sphygmonometers

この基準は、血圧の間接的決定用に圧迫カフを使っわれた電子的で電気機械測定機器のため安全で性能的要求を確立するために発行されている。

この規定の中で臨床的性能の確認基準を定めているので参照してみる。

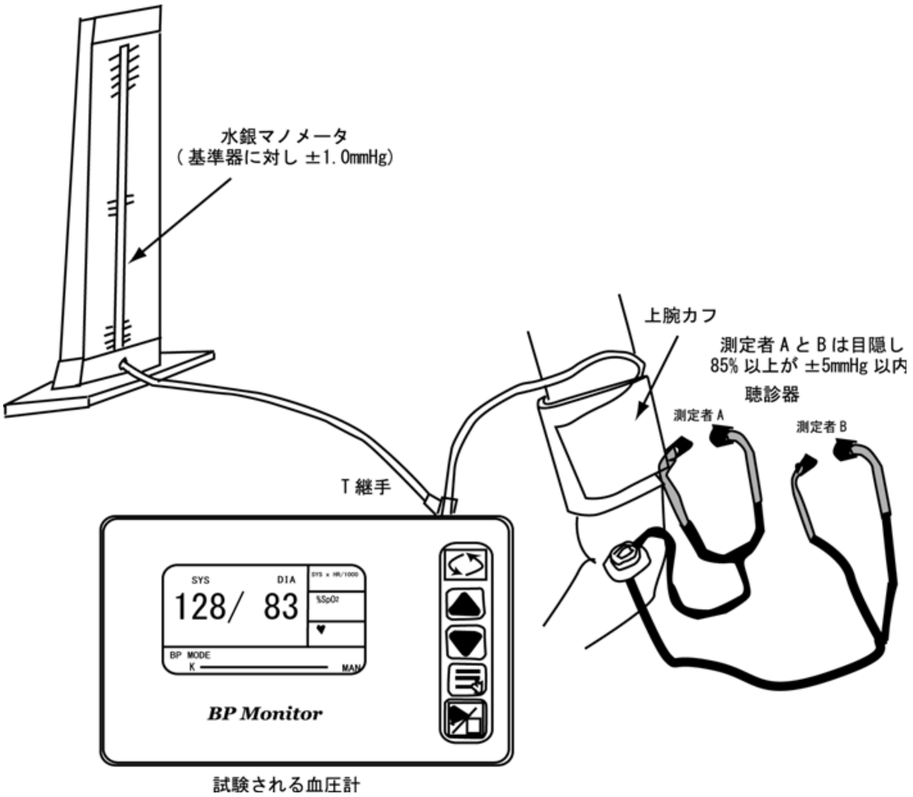


図 9-6 同時測定聴診法による検証

基準器としての聴診器測定法

試験サンプルとなる被検者(データ採集の対象者)のデータ数は 85 名以上を母集団にする。その 85 名の母集団は腕のサイズと血圧の範囲の分布を以下のように定めて、少なくとも 3 回測定を行う事としている。

a) <u>血圧の分布</u>: 少なくとも 100mmHg 以下の収縮期を 10%、180mmHg 以上の収縮期を 10%; 60mmHg 以下の拡張期を 10%, 100mmHg 以上の拡張期を 10%; 残りはこの上限と下限の間で分布させる。

b) 腕周の分布: 腕周 25cm 以下を 10%, 腕周 35cm 以上を 10%, 残りはその間で分布させる。

c) 適正カフサイズ: アメリカ心臓協会が決定しているサイズを採用する。

d) 測定者: 2 名の熟練した測定者で、目隠しし、同時測定して対称の被検者の血圧値を判定し、それぞれの測定値は計算して平均化する。測定者の同時測定の 95%以上は±10mmHg 以内で、85%以上が±5mmHg 以内で一致すべき。

e) 血圧測定の最小 3 セット、10~30 分の間隔を空けて、個々の被検者の測定をする。

f) 推奨精度: 手動カフ/聴診器を使って同時計った圧力と非観血自動血圧計の間での最大平均許容誤差: ±5 mmHg 最大許容標準偏差 8 mmHg としている。